

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**
Механіко-машинобудівний інститут
(повна назва інституту/факультету)
кафедра технології машинобудування
(повна назва кафедри)

«На правах
рукопису» УДК
621.91

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
Петраков Ю.В.
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” 2020 р.

**Магістерська дисертація на
здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 131. «Прикладна механіка» спеціалізації
«Технології машинобудування»
(код і назва спеціальності)

на тему: Визначення похибки складання вузлів літальних апаратів

Виконав (-ла): студент (-ка) б курсу, групи МТ-93мп
(шифр групи)

Олійник Артем Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник к.т.н., доц. Гладський Максим Миколайович
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 року

Реферат

Олійник А. О. Визначення похибки складання вузлів літальних апаратів: магістерська дис.: 131. Прикладна механіка. Технології машинобудування/ Олійник Артем Олександрович . - Київ, 2020.

Актуальність теми: аналіз і розробка нового технологічного процесу складання авіаційного вузла, а також аналіз моделі і зменшення похибки при складанні є складною і актуальною задачею при запуску, а в даному випадку при відновленні виробництва сучасного конкурентно-спроможного літака. Отже, всі ці фактори є взаємними і мають великий вплив на безпеку кінцевого продукту.

Метою роботи є розробка сучасної технології складання вузла для підвищення технологічності виробу, розробка пристрою для підвищення точності при свердлінні отворів в деталях, та аналіз 3-д моделі вузла з використанням сучасних методів дослідження фізичних тіл внаслідок дії навантажень на них.

Для вирішення поставлених задач були визначені і вирішені наступні завдання:

- Розроблений технологічний процес складання нервюри з використанням сучасних засобів технологічного оснащення.
- Розроблено 3-д модель пристрою для підвищення точності при свердлінні отворів в деталях.
- Розроблено 3-д модель вузла для порівняльного аналізу.

Об'єктом дослідження є елемент відсіку крила і кронштейн кріплення датчика у відсіку шасі літального апарату.

Предметом дослідження є застарілий технологічний процес на базі якого розроблявся новий, а також 3д модель розроблена в програмному забезпеченні Solidworks.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Дослідженно взаємозв'язок між відхиленням діючих розмірів та номінальних, які задані в конструкції.
2. Розрахованно середнє значення похибки між середнім значенням діаметра отворів.
3. Розроблено технологічну документацію та засоби кінцевого контролю виробу, які відповідають сучасним вимогам виробництва.

Структура та об'єм роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, списку використаних джерел. Робота представлена на 3 сторінках складається з 26 рисунків, 6 схем, 18 таблиць, 5 додатків.

Abstract

Oliynyk A.O. Determination of the error of assembly of aircraft units: master's thesis: 131. Applied mechanics. Technologies of mechanical engineering / Oliynyk Artem Oleksandrovykh. -Kyiv, 2020. -

Relevance of the topic: analysis and development of a new technological process of assembling an aircraft unit, as well as analysis of the model and reducing the error during assembly is a difficult and urgent task at launch, and in this case when resuming production of modern competitive aircraft. So, all these factors are mutual and have a great impact on the safety of the final product.

The aim of the work is to develop modern assembly technology to improve the manufacturability of the product, to develop a device to improve the accuracy of drilling holes in parts, and conduct an analysis of 3D model of the assembly using modern methods of studying physical bodies due to loads on them.

To solve the tasks, the following tasks were identified and solved:

- Developed technological process of rib assembly using modern means of technological equipment.
- Developed a 3D model of the device to improve the accuracy of drilling holes in the parts.
- Developed a 3D node model for comparative analysis.

The object of the study is the wing compartment element and the sensor mounting bracket in the aircraft chassis compartment.

The subject of the study is an outdated technological process on the basis of which a new one was developed, as well as a 3D model developed in Solidworks software.

Scientific novelty of the obtained results:

1. The relationship between the deviation of the current dimensions and the nominal tasks in the design is investigated.
2. The average value of the error between the average value of the diameter of the holes is calculated.

3. Developed a technological documentation and means of final control of the product that meet modern production requirements.

Structure and scope of work. The dissertation consists of an introduction, five sections, a list of sources used. The work presented on 3 pages consists of 26 figures, 6 schemes, 18 tables, 5 appendices.

Зміст

Вступ	8
РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ АНАЛІЗ	9
1.1 Розробка конструкції нервюри №5	9
1.2 Обґрунтування прийнятих рішень розрахунками	10
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ	16
2.1 Технологічний маршрут виготовлення деталі механічною обробкою	16
2.2 Вибір технологічних баз і оформлення карти ескізів для установки заготовки при обробці	18
2.3 Технологічний маршрут виготовлення деталі і заготовки	19
2.4 Створення комп'ютерних моделей деталі і заготовки. Розробка креслення деталі і заготовки на основі комп'ютерних моделей	20
2.5 Розробка технологічних операцій механічної обробки і проектування спеціального верстатного пристосування	21
2.7 Розрахунок похибки складання нервюри по обводам, порівняння з допуском на панель, висновки	33
2.8 Розробка схеми базування складових частин нервюри	37
Розділ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗУСИЛЬ ВПЛИВУ І ТОЧНОСТІ ОТВОРІВ НА ТОЧНІСТЬ КІНЦЕВОГО ОБ'ЄКТУ	47
3.1 Переваги і недоліки заклепкового з'єднання	47
3.2 Точність отворів авіабудуванні	51
3.3 Вплив якості збірки на властивості виробу	53
4. Аналіз дослідження моделі	54
4.1 Результати і висновки	56
4.2 Розробка математичної моделі дослідження	58
5 Стартап проект	61
5.1 Опис ідеї	62
5.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	64

5. 3 Розроблення ринкової стратегії проекту	70
Висновки	73
Список літератури.....	76
Додатки	78
 <u>Додаток №1- Креслення нервюри</u>	
<u>Додаток №2- Специфікація до креслення нервюри.....</u>	
<u>Додаток №3- Креслення деталі</u>	
<u>Додаток №4- Карта ескізів</u>	
<u>Додаток №5- Схема складання та ув'язки</u>	

Вступ

Ан-148 - ближнє-магістральний пасажирський літак. Покликаний на заміну літакам Ан-24, Ту-134, Як-42. Літак оснащений двома турбореактивними двигунами Д-436-148. Ан-148 побудований за аеродинамічною схемою високоплана, з крилом помірної стріловидності і Т - образним оперенням. Фюзеляж типу полумонокок. Шасі трьох опорне, з носовою стійкою.

Одним з переваг літака є можливість зльоту і посадки з погано підготовлених, галькових, ґрунтових, льодових і засніжених аеродромів.

Перший політ відбувся 17 грудня 2004. На вересень 2016 року вироблено 43 одиниці. В даний час серійне виробництво літака на ДП «Антонов» та Воронезькому акціонерному товаристві призупинено. Даний літак має одні з найкращих льотних показників серед аналогів, тому може бути широко застосований на місцевих і регіональних авіалініях, для міністерств оборони і захисту держави, так як є модифікації військового госпіталю і морського патруля.

На даний час ДП «Антонов» веде повну підготовку імпортозаміщення літаків Ан-148 та Ан-158, наладженню виробництва та пошуку замовників.

Підприємство має близько десяти недобудованих машин, які потребують вкладень, тому тема даного диплому являється актуальною для сучасного виробництва.



Рисунок 1 - Літак Ан-148

РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ АНАЛІЗ

1.1 Розробка конструкції нервюри №5

Конструкція крила літака складається з: лонжеронів (переднього і заднього) і його поясів, а також стрингерів, нервюр та обшивки.

Нервюра — як складова поперечного силового набору крила або оперення, призначена для зберігання форми профілю. Вона кріпиться на поздовжньому силовому наборі: лонжеронах, стрингерах, а також закріплює обшивку.

По характеру приймаючих навантажень поділяють на два типи: нормальні й силові, в данній роботі розглядається нормальна.

Конструктивно нервюри можуть бути:

- балочної;
- ферменної;
- рамної конструкції.

Конструкція нервюри №5 (Рисунок 1.1), являє собою складально-клепальну конструкцію, яка складається з верхнього, нижнього поясів, стійок, та стінок.

Проектування такого вузла та всіх компонентів літака відбудовується в системах автоматизованого проектування CAD (computer-aided design) а саме SiemensNX, та за допомогою TeamCenter. Всі інженери мають єдину платформу, для розробки та управління проектом на всіх етапах життєвого циклу.

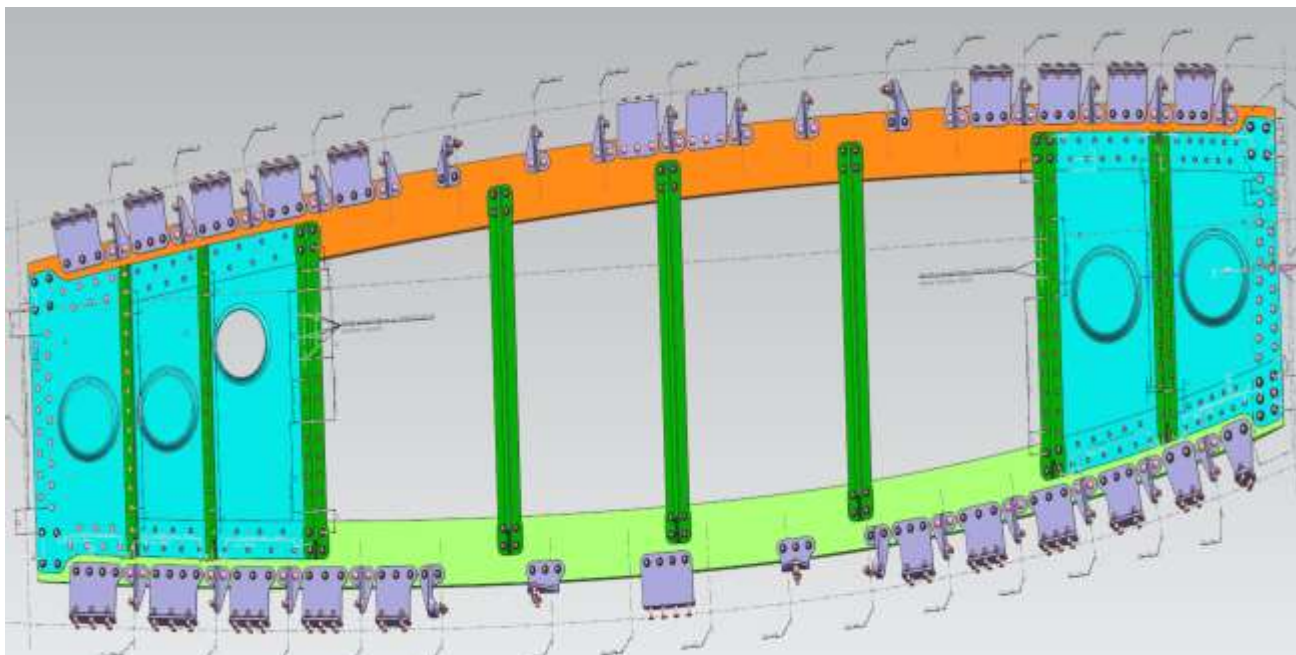


Рисунок1.1 - Нервюра № 5 в конструкторській програмі NX

1.2 Обґрунтування прийнятих рішень розрахунками

Нервюра як силовий набір крила сприймає наступні навантаження:

- повітряні аеродинамічні
- масові навантаження від ваги палива і конструкції
- тиск з боку стрингерів та обшивки при вигині крила
- навантаження тиску и зсуву з боку обшивки при роботі крила на крутіння
- зосередженні сили.

Схема навантаження нервюри сумарною і врівноважувальною силою зображена на рисунку 1.2.

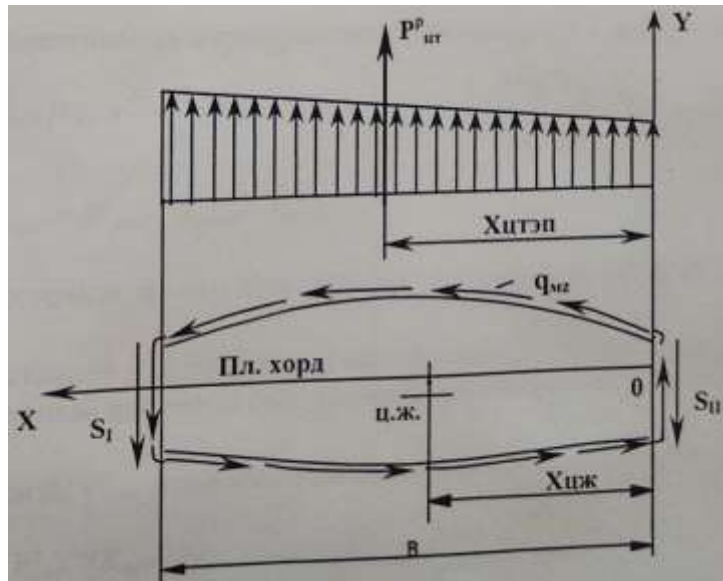
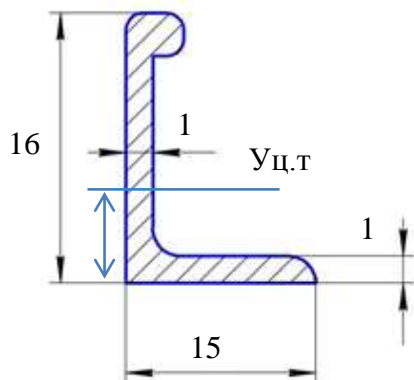


Рисунок 1.2 - Схема навантаження нервюри

В якості об'єкта розрахунку були вибрані стійки нервюри. Стійки виготовленні з матеріалу Д16Т прутки 102-30.



$$G_b = 4000 \text{ кг/см}^2;$$

$$Y_{ц.т} = 0,58 \text{ см}$$

$$I_x = 0,117 \text{ см}^4$$

$$W_x = 0,115 \text{ см}^3$$

$$i_x = 0,576 \text{ см}$$

$$G_{кр} = 1150 \text{ кг/см}^2$$

Напряга стиснення в стійці визначається:

$$F_{ст} = \frac{F_{ст}}{1 + (e/i)^2} = \frac{0,352}{1 + (0,62/0,576)^2} = 0,163 \text{ см}^2;$$

$$\frac{F_{ст}}{L * B} = \frac{0,163}{24,5 - 0,08} = 0,083;$$

$K=0,4$ -визначається за графіком

$$G_{сж}/\tau = 0,85$$

$$G_{сж} = 0,85 * 383 = 325 \text{ кг/см}^2$$

2) Момент від позакцентрованого стиснення стійки:

$$M = G_{сж} * F_{ст} * e = 325 * 0,352 * 0,62 = 71 \text{ кг/см}^2$$

$$G_{сгб}=(M/I)*У_{ц.т}=(71/0,117)*0,58=352\text{кг/см}^2$$

3) Допустимі навантаження стиску визначаються по монограмі стисковигнутих балок

$$\varphi=(G_{кр}/G_B)=1550/4000=0,387$$

$$M=(G_{изг}/G_{сж})=352/325=1,08$$

$$\text{Тоді по монограмі } \varepsilon=(G_{сх}^{\text{доп}}/G_B)=0,29$$

Допустимі навантаження стиску:

$$G_{сж}^{\text{доп}}=\varepsilon*G_B=0,29*4000=1160\text{кг/см}^2$$

$$\varepsilon=(1160/325)>3$$

1.3 Технічний опис та конструктивно-технологічний аналіз вузла та деталі

Стінки нервюри виготовляються з листа Д16АМ - це дюралюміній марки Д16 з нормальним плакуванням, у м'якому стані відпалений. Маркування А означає нормальне плакування, а літера М вказує на м'який стан матеріалу після відпалу.

Стійки, пояси, компенсатори та книці виготовляються з профілю марки Д16Т- який характеризується високою точністю, твердістю і легкістю. Єдиним недоліком являється схильність до корозії при тривалих нагрівах, в агресивній кислоті або газовому середовищі, для уникнення пошкоджень використовують включення неорганічних інгібіторів, які створюють на поверхні оксидну плівку і знижують чутливість металу до міжкристалічного розриву.

Для спрощення складання нервюр в сучасних конструкціях застосовано з'єднання за допомогою компенсаторів. В цьому випадку пояс нервюри з'єднується з обшивкою не безпосередньо, а через спеціальний елемент - компенсатор або книця, за допомогою клепаального з'єднання.

Стійка з поясом з'єднується через болтове з'єднання, болти з титанового сплаву ВТ16 з спеціальною зменшеною шестигранною головкою.

Стійка зі стінкою з'єднується за допомогою заклепкового з'єднання, заклепки з плоско скругленною головкою з компенсатором з алюмінієвого сплаву В65.

Також в конструкції нервюри використовуються роз'ємні та нероз'ємні стійкі, відмінність не роз'ємних полягає в тому, що вони не з'єднанні зі стінкою. Складання нервюри відбувається в спеціальному пристосуванні.

Наступною частиною у конструкторському розділі розглянуто деталь для механічної обробки, кронштейн, який розташовується у відсіку шасі літака Ан-148. Кріпиться кронштейн до «замку прибраного положення основної опори шасі» який фіксує, що опора закрилася, на кронштейні безпосередньо встановлений датчик, який передає сигнал в кабінку екіпажу, про те що ствірка перебуває в закритому положенні. Кронштейн зображений на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 - Кронштейн

Деталь виготовляється з титанового сплаву ВТ6, цей сплав призначений для виготовлення високоміцних деталей та конструкцій, які працюють під внутрішнім тиском, межі міцності цього сплаву (880-1078Мпа) та в широкому інтервалі температур 190-450°, наприклад кронштейнів, балонів, збірних конструкцій.

Коефіцієнт використання матеріалу буде не високий, оскільки велика частина йде у відходи, так $K_v = q/Q = 0,217/1,6 = 13\%$ при виготовленні деталі фрезеруванням, але ми розглядаємо серійне виробництво, то доцільніше виготовляти заготовку гарячим штампуванням, коефіцієнт буде становити 80%.

1.4 Технічні умови на виготовлення нервюри літака, та деталі

ТУ на складання нервюри №5:

1. Незазначені граничні відхилення розмірів, форми та розташування поверхонь згідно ОСТ 100022-80
 2. Інструкція на складання 148.00.210.000.000 И
 3. Встановлення болтів - Ан.Окс.-ОСТ1 12085-77 на герметик У30МЕС-5М по РТМ 1-4-1941-89, отвори під болти оброблювати по Н9 гайки Ан.Окс.- на ґрунті ЕП-0215. Затяжка болтів $\phi 5=0,57\text{кгс}\cdot\text{м}$, $\phi 6=0,6\text{кгс}\cdot\text{м}$
 4. Деталі БЧ виготовляти и контролювати по шаблону
 5. Деталі БЧ маркувати і клеймувати по ОПИ-63
 6. Покриття деталей БЧ - Ан.Окс-Нхр, ґрунт ЕП-0215.400 ОСТ1 90055-85
 7. Шорсткість оброблюваних поверхностей деталей БЧ - $\sqrt{3,2}$.
 8. Гострі кромки округлювати радіусом 0,5мм
 9. Виготовлення і контроль деталей БЧ по ПИ1.4.1977-89
 10. Клепати по інструкції ТИ.36-21-89. Після клепання головки заклепок покрити ґрунтом ЕП-215.520 ОСТ1 90055-85
 11. Металізація згідно ОСТ1 01025-82 заклепками
 12. Герметизація по 148. ТИ 16-500-02
 13. * Розміри для довідок
 14. Деталь поз.101 калити, група контролю 5
 15. Встановлення болтів ОСТ1 31138-80 на герметику У30-МЕС-4м по РТМ 1.4.1941.-89. Затяжка болтів $\phi 6=0,6\text{кгс}\cdot\text{м}$
 16. Покриття болтів, виступаючих різьбових частин сталейних гайок - ґрунтом ЕП-0215.520. ОСТ1 196055-89
 17. Оброблення отворів під болти по РТМ 1-4-1435-89
 18. Маркувати і клеймувати складання по ОПИ-63.
- ТУ на виготовлення деталі

1. $G_v=882-1078$ Мпа($90-110\text{кгс/мм}^2$), $d_{отп}=(3,3-4,2)\text{мм}$, група контролю 3
ОСТ1 00021-78
2. Незазначені граничні відхилення розмірів, форми та розташування поверхонь згідно ОСТ 100022-80
3. Різьба по ОСТ1 00105-83
4. Фаски різьби по ОСТ1 00010-81
5. Виготовлення по ПИ 209-74
6. Альфірований шар не допускається
7. Контроль люмінесцентий ЛЮМ1-ОВ по ОСТ1 90282-79
8. Покриття Ан.Окс
9. Маркувати і клеймувати складання по ОПИ-63

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

2.1 Технологічний маршрут виготовлення деталі механічною обробкою

Розрахунок операційних припусків і визначення розмірів заготовки. Вибір заготовки з якої буде виготовлятися деталь залежить від програми випуску, типу виробництва, вимог до обробки та якості поверхні, типу матеріала.

Для виготовлення даного кронштейна використовується заготовка яка виготовляється гарячим штампуванням з сплаву ВТ6 розміром «25*90*154», розмір вказаний з урахуванням припуску на чорнову і чистову обробку, також заготовка повинна мати супроводжувальну інформацію про те, що вона пройшла термічну обробку, якщо ні тоді необхідно перевірити її твердість відповідно до технічних вимог, в яких зазначено, що вона перевіряється за методом Бринеля, сутність якого полягає в тому, що кулька (діам. 3,3-3,8мм) вдавлюють в зразок, і він повинен витримати тиск 90-110 кгс / мм², приклад показаний на рисунку 2.1.

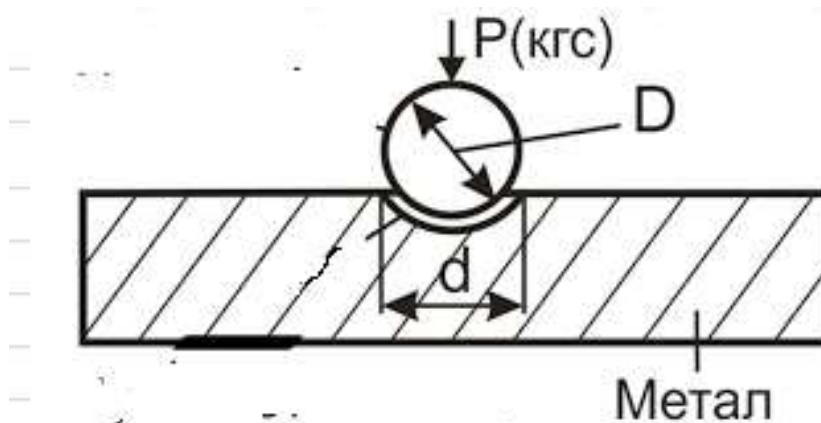


Рисунок 2.1 - Перевірка твердості за методом Бринеля

Далі заготовка проходить гаряче штампування, як було зазначено вище, цей метод використовується для підвищення коефіцієнту використання матеріалу, і зменшенню затрат на виробництво.

Деталь виготовляється в двох екземплярах на лівий і правий борт відповідно, тому програма випуску буде досить незначною і залежатиме від

програми серійного випуску літака, але дана деталь є взаємозамінною і може застосовуватися на літаках типу: Ан-158, Ан-178.

Так як кронштейн кріпить датчик який є важливим елементом для функціонування шасі, відповідно кронштейн повинен приймати зовнішні навантаження від дотику датчика зі ствірками

2.2 Вибір технологічних баз і оформлення карти ескізів для установки заготовки при обробці

Геометричне положення заготовки відносно ріжучого інструменту, обладнання і надійність фіксації, при обробці забезпечується схемою базування і закріплення, яке розробляється на кожну окрему операцію. Поверхня заготовки, яка приймається в якості базової, повинна забезпечувати можливість якісного закріплення заготовки, відкріплення, зняття деталі, підхід ріжучого інструменту. В тому випадку, якщо конструкція деталі не дає можливості використовувати поверхню в якості базової, на ній передбачається використання спеціальних елементів таких як, технологічні отвори, бортики, приливи.

Для чорнової обробки вибрано поверхність з найменшими припусками, а для штампованої заготовки необроблювані поверхні слід використовувати в якості базових тільки для первинної обробки.

Для чистової обробки треба використовувати однотипний комплект установчих баз, дотримуватись принципу сталості баз. Встановлювальні бази для завершальної обробки повинні мати високу точність розмірів і мінімальну шорсткість, ці бази не повинні деформуватись під дією сил різання, зажима або ваги деталі.

Виконуючи всі ці вимоги і вибравши найефективнішу базову поверхню, надає можливість зменшити похибку і кількість перестановок при виготовленні деталі, збільшити продуктивність.

При розробці схем базування складена операційна карта ескізів (додаток4) з урахуванням наступних правил:

- первина обробка поверхності, яка має нижчий квалітет точності;
- обробка отворів якщо вони не є технологічними отворами виконується вкінці;
- принцип суміщення баз.

2.3 Технологічний маршрут виготовлення деталі і заготовки

На основі типових технологічних процесів визначено послідовність та зміст технологічних операцій по обробці деталі.

Таблиця 2.1 - Технологічний маршрут обробки деталі

№ операції	Найменування і зміст операції	Обладнання, інструмент	Оснащення
005	4262 Фрезерування з ЧПУ: фрезерувати контур (установка 1)	Фрезерний верстат ТМ20 0906; Фреза торцева ø5мм	УСП
010	4262 Фрезерування з ЧПУ: фрезерувати трикутний отвір (установка 2)	Фрезерний верстат ТМ20 0906; Фреза кінцева ø4мм	УСП
015	Вертикально-Фрезерувальна з ЧПУ: фрезерувати контур	Фрезерний верстат ТМ20 0906; Фреза торцева ø4мм	УСП
020	4261 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердильний верстат ...; Свердло: ø4,5 мм	Кондуктор для свердління
025	0200 Контроль; контролювати розміри згідно з операційною картою контролю	Плита контрольна	Штангенциркуль ШЦ-1, мікрометр типу МК ГОСТ 6507-88

2.4 Створення комп'ютерних моделей деталі і заготовки. Розробка креслення деталі і заготовки на основі комп'ютерних моделей

Для розробки 3D-моделі кронштейна (рисунок 2.2) та заготовки (рисунок 2.3) використовувалось програмне забезпечення SolidWorks. З створених 3D-моделей розроблено кресленн, в програмі КОМПАС-3D, заготовки та деталі.

Креслення деталі кронштейна додаток №3 та заготовки. При використанні САПР в процесі створення об'ємних, дає можливість скоротити час на підготовку документації, їх редагування та аналізу.

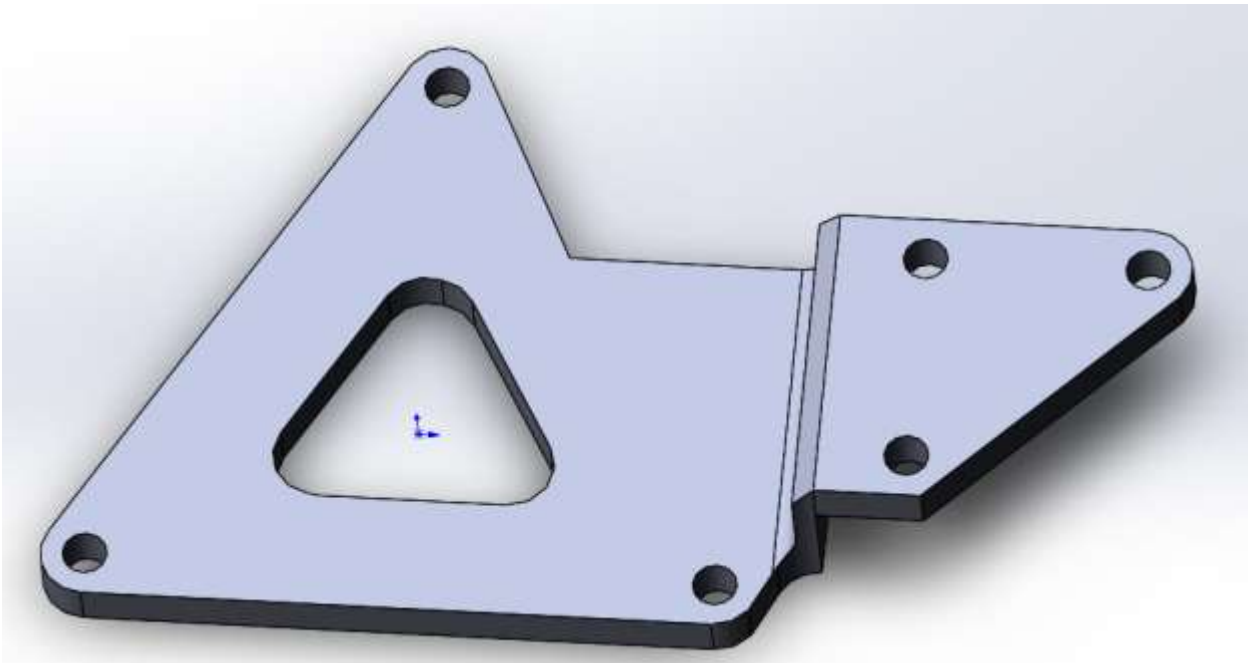


Рисунок 2.2 - 3D модель кронштейна

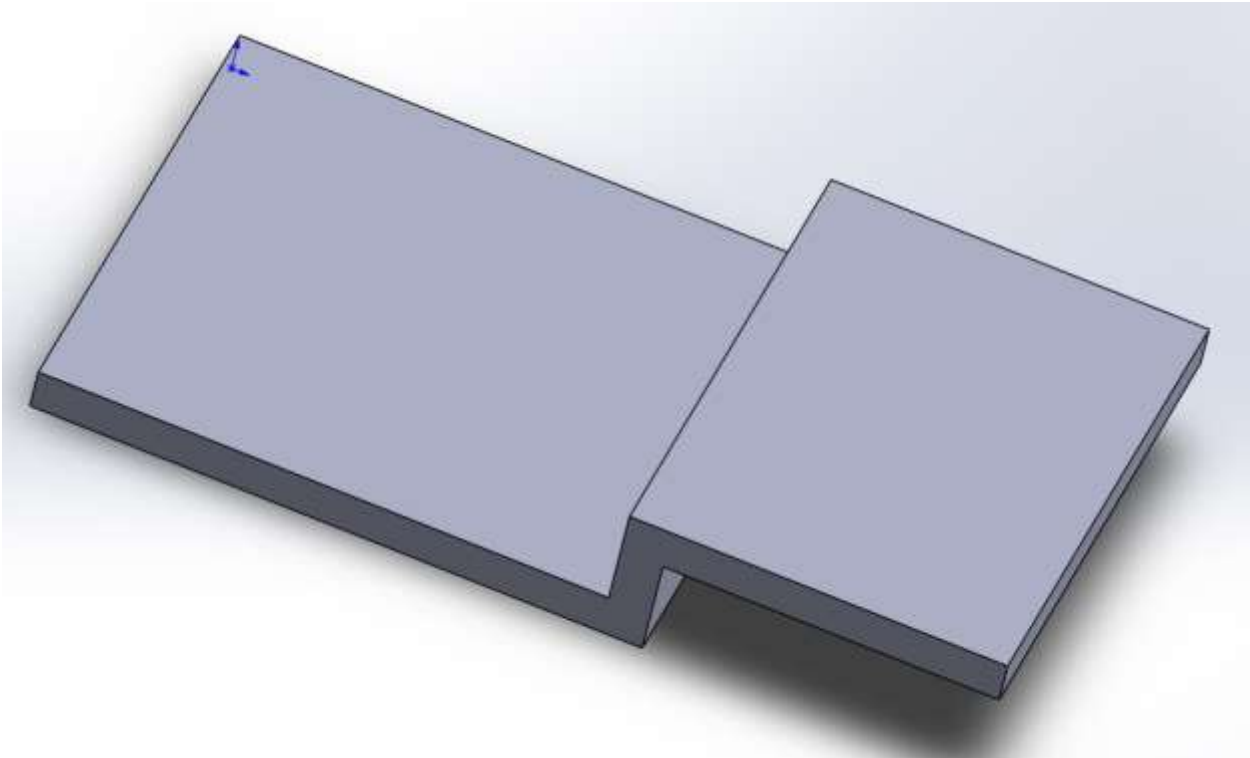


Рисунок 2.3 - 3D модель заготовки

2.5 Розробка технологічних операцій механічної обробки і проектування спеціального верстатного пристосування

Режими різання при обробці на верстатах із ЧПК визначені на основі вертикально-фрезерувальної операції й розрахунково-технологічної карти (РТК) має такі дані:

- креслення деталі в прямокутній системі координат з позначенням напрямку осей і координат початкової точки оброблення;
- контури поверхонь деталі, що підлягають обробці, із зазначенням розмірів, необхідних для програмування;
- траєкторія руху вершини або центра інструменту з позначеними опорними та контрольними точками.

Спеціальними називають пристрій, який призначений для встановлення однотипних заготовок одного розміру.

Для забезпечення точності виконання отворів та забезпечення потрібної міжосьової відстані розроблено верстатний пристрій. За допомогою програми SolidWorks розроблено 3D-модель кондуктора (рисунок 2.4 та 2.5), який складається з кондукторної плити з отворами для ніжок та кондукторних втулок, плоского затискача, та рухомої призми.

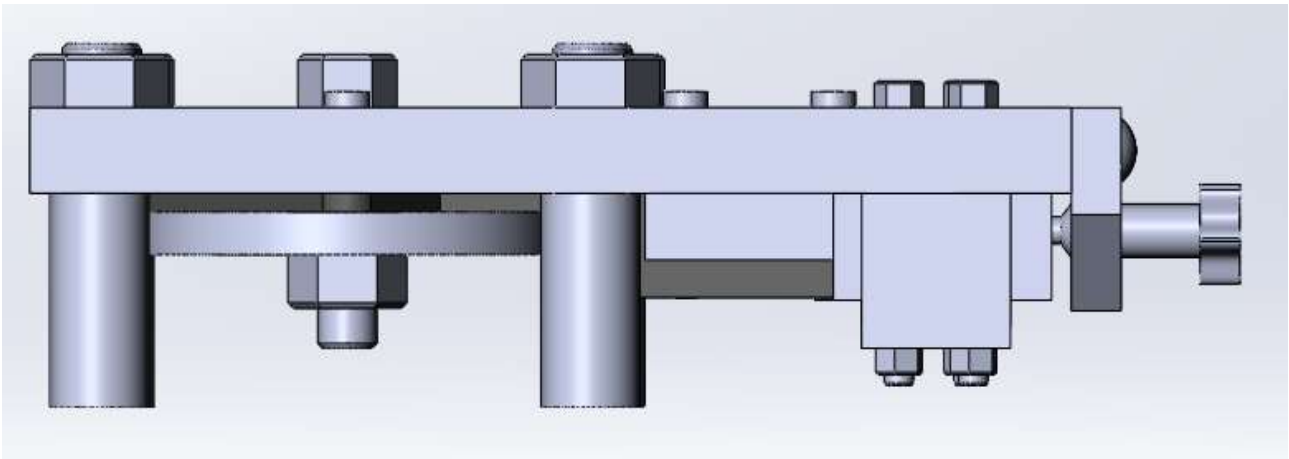


Рисунок 2.4- Верстатний пристрій (Вид з боку)

Принцип дії кондуктора полягає в наступному, заготовка закріплюється за допомогою затискача по трикутному отвору повністю прижимаючи деталь зверху і знизу, з іншої сторони заготовка закріплюється за допомогою рухомої призми.

Після закріплення заготовки пристрій ставиться на ніжки та виконується свердлення в напрямку кондукторних втулок, які забезпечують направлення та високу точність розташування отворів.

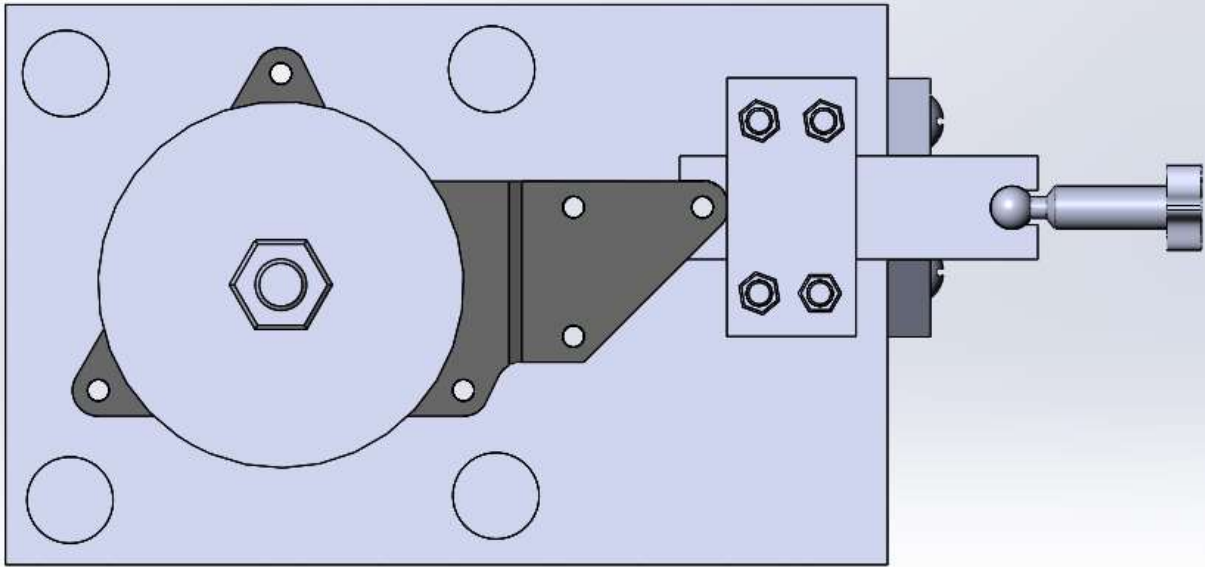


Рисунок 2.5- Верстатний пристрій (Вид знизу)

Зусилля прижиму регулюється за допомогою гвинта та гайки та розраховується за формулою:

$$P = \frac{k \cdot P_o}{f_1 + f_2},$$

де k – коефіцієнт запасу; P_o – осьова сила свердлення; $f_1 = f_2 = 0,7$ – коефіцієнти тертя.

Коефіцієнт запасу:

$$k = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де $k_0 = 1,5$ – коефіцієнт гарантованого запасу; $k_1 = 1$ – враховує нерівності поверхні, що оброблюється; $k_2 = 1$ – враховує затуплення інструменту; $k_3 = 1$ – враховує переривчасте різання; $k_4 = 1,3$ – враховує постійність сили закріплення; $k_5 = 1$ – враховує ергономічність ручних зажимів; $k_6 = 1$ – враховує наявність моментів.

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 1,95.$$

Осьова сила при розсвердленні

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p,$$

де C_p, K_p – коефіцієнти; t – глибина різання; x, y – показники ступеню; s – подача.

Коефіцієнт $C_p = 67$. Коефіцієнт K_p визначений за формулою [7, Т.2, стор. 264, табл. 9]:

$$K_p = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{1080}{750} \right)^{0,75} = 1,315.$$

Глибина різання:

$$t = 0,5 \cdot (D - d),$$

де $D = 6$ мм – діаметр отвору, що буде утворено після розсвердлення; $d = 4$ мм – поточний діаметр отвору.

$$t = 0,5 \cdot (6 - 4) = 1 \text{ мм.}$$

Показники ступеню: $x = 1,2$; $y = 0,65$. Подача $s = 0,14$ мм/об.

Сила розсвердлення дорівнює:

$$p_o = 10 \cdot 67 \cdot 1^{1,2} \cdot 0,14^{0,65} \cdot 1,315 = 278,38 \text{ н.}$$

Зусилля прижиму:

$$p = \frac{1,95 \cdot 278,38}{0,7 + 0,7} = 387,744 \text{ Н.}$$

Обертаючий момент при розсвердленні :

$$M_{об} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p,$$

де $C_M = 0,09$; $q = 1$; $x = 0,9$; $y = 0,8$ Тоді:

$$M_{об} = 10 \cdot 0,09 \cdot 8^1 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,14^{0,8} \cdot 1,315 = 2,293 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

2.6 Розробка директивних технологічних матеріалів на складання нервюри №5 літака Ан-148

Проведено оцінку технологічності конструкції нервюри №5 літака Ан-148 на відповідність сукупності конструктивних характеристик виробу, складальних одиниць та деталей, закладених у проєкті, вимогами виробництва називають технологічністю конструкції, яка являється важливою характеристикою досконалості як виробу в цілому, так і його складових елементів.

Головними факторами, що визначають технологічність конструкції, є: вид виробу (згідно схеми членування), обсяг випуску, тип виробництва, виробничі, експлуатаційні, економічні показники.

А також такими факторами:

- Формою деталей.
- Точністю виготовлення.
- Способами виготовлення деталей.
- Матеріалами заготовок.
- Застосуванням нормалізованих деталей

Оцінка технологічності може бути:

– Якісна - яка проводиться за конкретними критеріями, що прописані в нормативно - технічній документації . Якісну оцінку можна проводити на різних етапах життєвого циклу.

– Кількісна - проводиться за основними показниками, які характеризують рівні технологічності конструкції по трудомісткості і собівартості, приклад показаний на схемі (2.1)

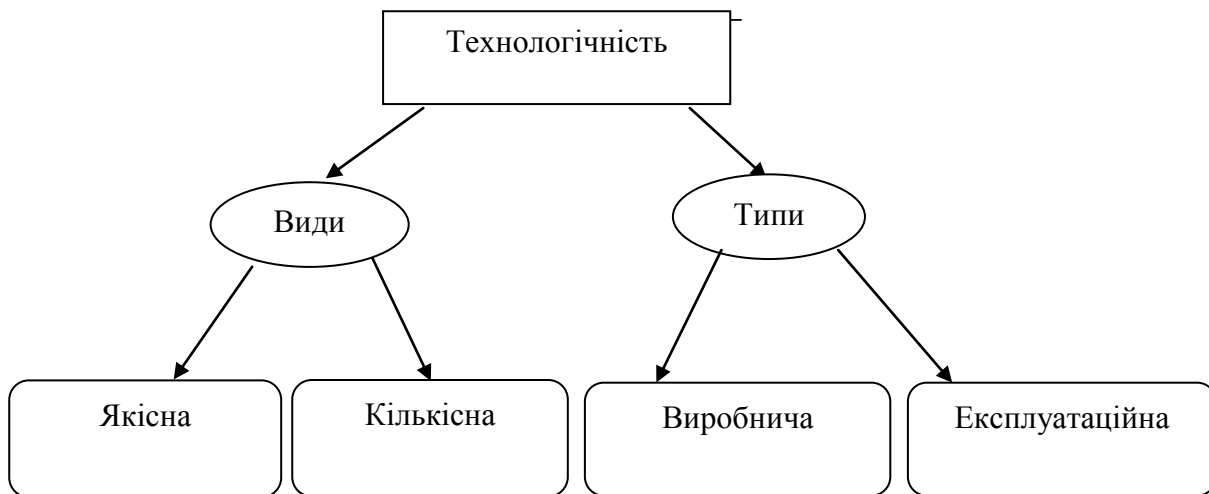


Схема 2.1- Технологічності конструкції

Виконавши якісну оцінку нервюри, були зроблені висновки, що нервюра має досить прості форми поверхні і деталей. Даний вузол можна поділити на не велику кількість складових частин (пояс, стінка, стійка, книці). Конструкція складальних одиниці забезпечує можливість виготовлення з стандартних профілів. Складання вузла не потребує використання складного технологічного оснащення. Компонування конструкції нервюри має і підходи до місця клепки та свердління з усіх боків, шви прямолінійні і крок заклепок в більшості однаковий. Це зумовлює забезпечення можливості максимальної механізації складально-клепальних робіт.

Всі вище перераховані фактори дозволяють говорити про відміну технологічність даної нервюри. Це дозволяє виготовляти її з заданим рівнем точності і з мінімальними витратами ресурсів.

Розробка можливих варіантів методів складання, схем складання та схем ув'язки оснастки, метод складання визначає, яким чином деталі та складальні одиниці фіксуються одна відносно одної, для забезпечення їх точного взаємного розташування при складанні.

Методи складання з базуванням без складального пристрою:

- за кресленням. Цей метод можливий при достатній наявності конструкторських баз, коли є базова деталь, по якій встановлюється інші деталі способом поєднання баз;

- за розміткою. Метод, відрізняється низькою точністю та застосовується в малосерійному й дослідному виробництві, за допомогою розмічування деталі;

- за складальними отворами (СО). Взаємне положення деталей визначається положенням на них СО, які поєднуються при складанні та є технологічними базами. СО свердлять під час заготівельного виробництва, таким чином розмітка виконується на шаблонах один раз для всієї програми випуску. Похибка при переносі розмірів досить мала, точність складання вище, ніж у попередньому методі.

Методи складання в складальному пристрої. Методи складання в пристрої характеризуються поєднанням технологічних баз деталей та вихідних баз складальних пристроїв.

- з базуванням за технологічними отворами. Складальні одиниці чи деталі, які мають технологічні отвори в якості технологічних баз, базуються за такими же отворами в фіксаторах складальних пристроїв та фіксуються технологічними штирями. Переваги метода: простота й зручність установки; відкриті підходи до місць з'єднань; простота складальної оснастки;

- з базуванням за отворами під стикові болти (ОСБ). Деталі й складальні одиниці, що мають ОСБ, базуються в складальному пристрої по фіксаторам ОСБ, а потім з'єднуються з конструкцією, до складу якої вони входять.

- з базуванням за поверхнями деталей та складальних одиниць. При цих методах в якості технологічних баз використовують поверхні деталей, а в якості вихідних баз, відповідних технологічним, використовують поверхні фіксаторів складальних пристроїв. До таких відносяться наступні методи:

- «від каркаса». Обшивка (панель) встановлюється на базову поверхню каркаса (жорсткого, монолітного) та притискається до неї на період

виконання з'єднань. Якщо поверхня каркаса хвиляста, то це виявляється на обшивці, так як вона менш жорстка. За таким методом складають замкнуті непанельовані вироби. Точність складання невисока, так як відсутня пружна компенсація;

- «від внутрішньої поверхні обшивки». Панель чи обшивка притискаються внутрішньою поверхнею до вихідних баз складального пристрою (макетні нервюри, шпангоути) на період виконання з'єднань. Можлива компенсація похибки переміщенням та пружна компенсація. Точність складання висока. Метод застосовується для великогабаритних конструкцій.

– з особливими видами складальної оснастки:

- з базуванням за координатно-фіксувальними отворами (КФО) з під зборок з використанням системи лазерних променів. В процесі складання проводиться безперервний активний контроль розташування елементів, якщо необхідно, регулювання складального процесу за допомогою оптичних променів. Метод призначений для складання стикових відсіків літаків та вертольотів з високою точністю;

- автоматизованим складальним обладнанням. Базування деталей та підборок виконується за робочим органом обладнання, яке таким чином виконує роль складальної оснастки. Такий метод застосовується в масовому, серійному та багатосерійному виробництві;

Всі вище вказані методи показані в схемі 2.2.

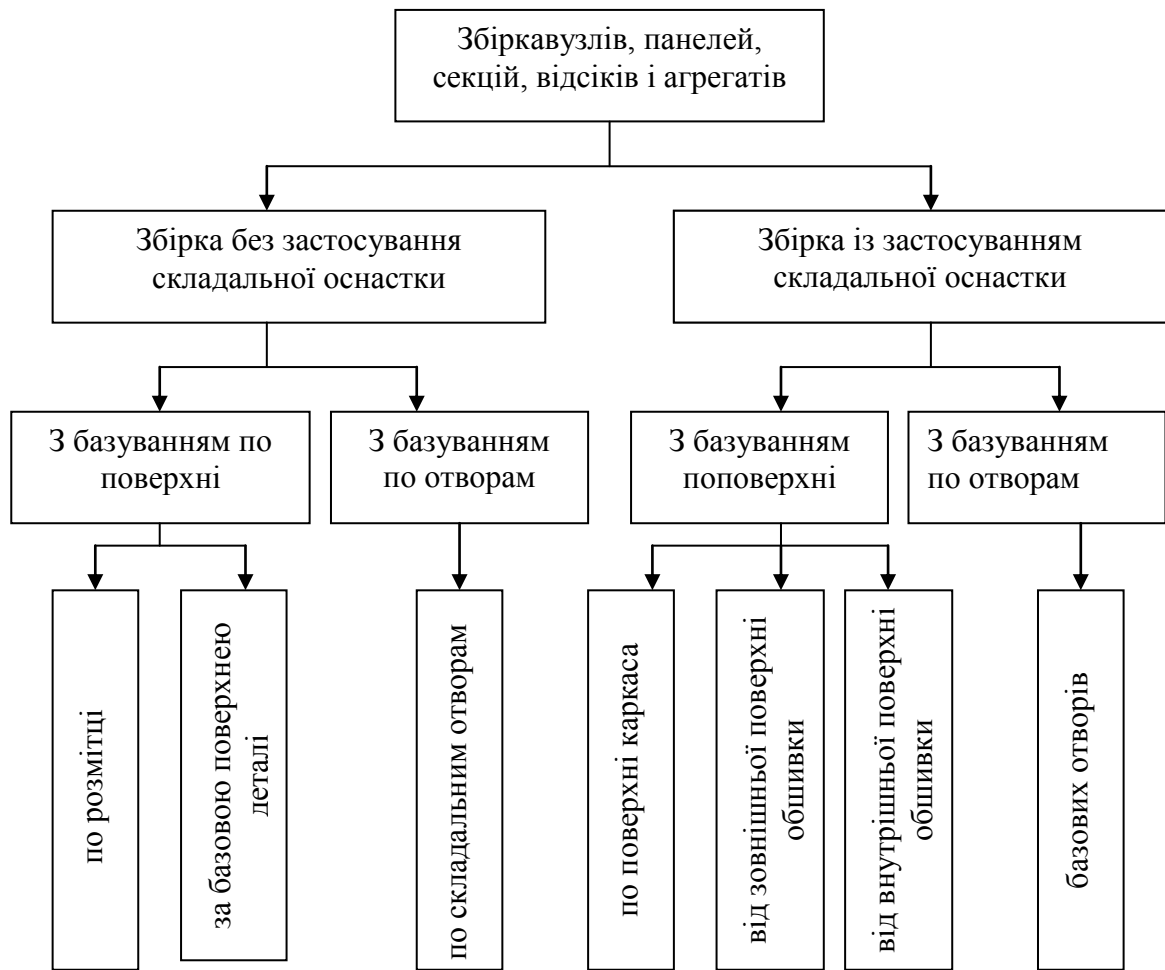


Схема 2.2 - методи складання

Схема складання і ув'язки - це графічне позначення у вигляді умовних позначень, послідовності складання, монтажу, із зазначенням першоджерел, засобів ув'язки і геометричних параметрів.

Залежно від наявності різних способів членування авіаційних конструкцій на окремі, можна виділити наступні основні схеми складання:

- послідовна;
- паралельна;
- паралельно-послідовна.

Послідовна схема збірки застосовується для конструкції агрегатів, що не розчленованих на секції і панелі. При цьому операції виконуються одна за одною, після закінчення попередньої.

Паралельна схема зборки використовується для агрегатів, розчленованих на панелі і вузли. При використанні даної схеми збірки, відповідні операції виконуються одночасно.

Паралельно-послідовна схема зборки відповідає збірці конструкції агрегатів, розчленованих на панелі, які збираються паралельно, після чого стикуються в агрегат. При цьому відповідні операції виконуються одночасно і одна за одною.

Для складання нервюри доцільно використовувати метод складання в спеціальному оснащенні, такий метод дає можливість реалізувати складання без компенсації похибок від виготовлення деталей. Для стінок і стійок і поясів можна використовувати метод по складальним отворам. Оскільки нервюра має не великі габарити, доцільно використовувати послідовну схему складання, коли на складання приходять тільки деталі.

Розрахунок допуску нанервюру для двох варіантів складання та ув'язки

Величина допуску на вузол визначається за формулою:

$$\delta_{\text{вузл}} = \delta_{\text{агр.ТУ}} - C_{\text{пох.агр-узел}}$$

де, $\delta_{\text{агр.ТУ}}$ - заданий допуск на агрегат в визначених умовах виробництва

$C_{\text{пох.агр-узел}}$ - похибка ув'язки для вузла і агрегата

Розрахуємо допуск на вузол для складання по координатно-шаблоному (КШМ) та програмно-інструментально методу (PrIM).

Розрахунок допуску для складання з координатно-шаблонним методом

(КШМ) відповідає схема ув'язки представлена на схемі 2.3

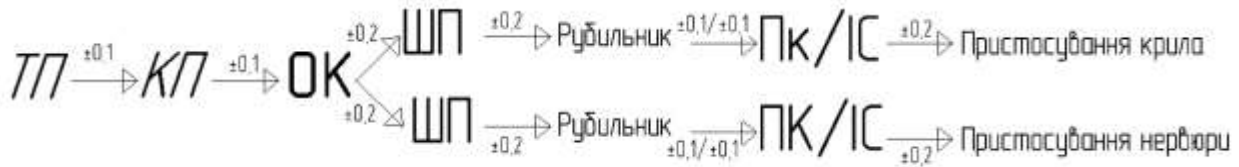


Схема 2.3- Схема ув'язки КШМ

Похибку ув'язки оснащення крила і нервюри визначається:

$$C_{\text{пр.крило-нервюра}} = \sum \Delta 1 \pm \delta,$$

де, $\sum \Delta 1 = \frac{BO+HO}{2}$ - координати поля допуску на незв'язаних етапах

ВО, НО- граничні відхилення розмірів об'єкта

$$\sum \Delta 1 = -0,1 + 0,05 - 0,05 + 0,05 - 0,05 + 0,05 = -0,05 \text{ (мм)}$$

$$\delta_{\text{пр.крило-нервюри}} = \pm \sqrt{0,05^2 * 0,4} = \pm 0,1 \text{ (мм)}$$

$$C_{\text{пр.крило-нервюра}} = -0,05 \pm 0,1 = \begin{matrix} +0,05 \\ -0,15 \end{matrix}$$

Визначимо допуск на нервюру

$$\delta_{\text{нерв.}} = \pm 2 - \begin{pmatrix} +0,05 \\ -0,15 \end{pmatrix} = \begin{matrix} +1,95 \\ -1,85 \end{matrix} \text{ (мм)}$$

Розрахунок допуску для складання з програмно-інструментальним методом

(ПрІМ), схема ув'язки представлена на Схемі 2.4

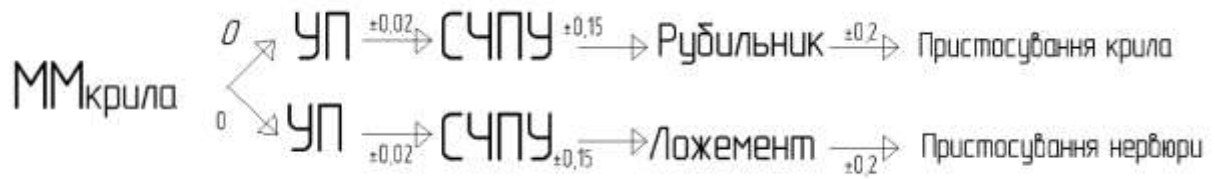


Схема 2.4 - Схема ув'язки КШМ

Виконуємо аналогічні розрахунки як при (КШМ). $\sum \Delta l = 0$ (мм)

$$C_{\text{пр.крило-хвосту}} = \pm \sqrt{0,2^2 * 2 + 0,15^2 * 2 + 0,02 * 4 + 0,1^2} = \pm 0,382 \text{ (мм)}$$

$$\delta_{\text{ХВ.}} = \pm 1,618 \text{ (мм)}$$

2.7 Розрахунок похибки складання нервюри по обводам, порівняння з допуском на панель, висновки

Похибка складання вузла в пристосуванні визначається наступними складовими:

1. Похибка $\Delta_{\text{ПР}}$ носія розмірів, пристосування.

2. Похибка $\Delta_{\text{БАЗ}}$ базування встановлюваної деталі.

3. Похибка $\Delta_{\text{ІН}}$ від поводок зміщень, викликаних утворенням з'єднань й іншими незалежними від метода складання причинами, визначається по формулі:

$$\Delta_{\text{СБ}} = \Delta_{\text{ПР}} + \Delta_{\text{БАЗ}} + \Delta_{\text{ІН}}.$$

$\Delta_{\text{ІН}}$ - складає близько 40% від загальної похибки, 0,4.

Розрахунок виконується в пристосуванні без урахування похибки виготовлення деталі, похибка базування:

$$\Delta_{\text{БАЗ}} = K_{\text{приж}} \cdot C_{\text{КОНТУР.ПР.-ПОЯС}}$$

Допуск на складання в пристосуванні:

$$\delta_{\text{СБ}} = \delta_{\text{ПР}} + K_{\text{ПРИЖ}} \cdot C_{\text{КОНТУР.ПР.-ПОЯС}} + \delta_{\text{ІН}}.$$

Величину $K_{\text{ПРИЖ}}$ приймають в залежності від кроку притисків, характерного співвідношення $L_{\text{фікс}}, L_{\text{дет}}$.

Приймаємо кількість притисків 4, $k_{\text{приж}} = 0.5$

Виконуємо розрахунок для складання нервюри крила по обводу в пристосуванні, ув'язка оснащення виконується (КШМ), схема 2.5.



Схема 2.5- Схема ув'язки КШМ

Похибка пристосування:

$$\delta_{\text{ПРИС.}} = \sum \Delta_i + \sqrt{\sum (\delta_{\text{ітп}} - \text{прис.})^2}$$

$$\sum \Delta_i = -0,1 + 0,05 - 0,05 + 0,05 + 0,1 = 0,05$$

$$\delta_{\text{ПРИС.}} = 0,05 \pm \sqrt{0,1^2 * 0,2^2 + 0,05^2 * 3} = \begin{matrix} +0,328 \\ -0,228 \end{matrix}$$

Визначимо $C_{\text{контур.ПР.-ПОЯС}}$

$$C_{\text{контур.ПР.-ПОЯС}} = 0,05 \cdot \begin{matrix} +0,328 \\ -0,228 \end{matrix} = \begin{matrix} +0,378 \\ -0,178 \end{matrix}$$

Враховуючи, що $\delta_{\text{ІН.}} = 0,4\delta_{\text{СБ}}$, отримаємо

$$\delta_{\text{СБ}} = \begin{matrix} +0,61 \\ -0,41 \end{matrix}$$

Допуск на вузол $\delta_{\text{НЕРВ.}} > \delta_{\text{СБ}} (\pm 2)$, $+0,61$, $-0,41$ складання в пристосуванні без компенсації можлива, якщо ув'язка оснащення виконується по (КШМ).

Проведемо аналогічний розрахунок для складання по обводам в пристосуванні, ув'язка оснащення виконується по (ПрІМ), схема 2.6.



Схема 2.6- Схема ув'язки (ПрІМ)

Визначимо похибку:

$$\delta_{\text{ПРИС.}} = \sqrt{\pm 0,2^2 + 0,02^2 * 0,2 + \pm 0,15^2 + 0,1^2} = \pm 0,27.$$

Визначимо $C_{\text{контур.ПР.-ПОЯС}}$ а також $\delta_{\text{СБ}}$:

$$C_{\text{контур.ПР.-ПОЯС}} = \pm \sqrt{\pm 0,02^2 * 4 + \pm 0,15^2 * 2 + 0,2^2} = 0,1 \pm 0,31 = \begin{matrix} +0,41 \\ -0,21 \end{matrix} \text{ (мм)}$$

$$\delta_{\text{СБ}} = 0,27 + 0,5 * \begin{matrix} +0,41 \\ -0,21 \end{matrix} + 0,4 \delta_{\text{СБ}};$$

$$\delta_{\text{СБ}} = \begin{matrix} +0,79 \\ -0,275 \end{matrix} \text{ (мм)};$$

Допуск на вузол $\delta_{\text{нерв}} > \delta_{\text{СБ}} (\pm)$, $\begin{matrix} +0,79 \\ -0,275 \end{matrix}$ отже при здійсненні ув'язки оснащення за допомогою ПрІМ, в пристосуванні без компенсації похибка прийнятна. Аналізуючи два можливих методи ув'язки ПрІМ і КШМ, для складання данної нервюри ефективніше вибирати ПрІМ, так як даний метод забезпечує досить велику точність і гарно підходить для такого складання.

Вибрано доцільну схему складання і ув'язки заготівельної та складальної оснастки на основі розрахунків точності та економічності.

Враховуючи аналіз різних методів ув'язування, розглянутих в минулих пунктах, обраний програмно-інструментальний метод ув'язування.

Сутність ПрІМ полягає в тому, що елементи заготівельної і складальної оснастки, відповідні конструкції вироби, виконуються на верстатах з ЧПУ, програма роботи яких отримана на підставі аналітично заданих даних.

В літакобудуванні застосовують такі комп'ютерні системи: CAD (computer-aided design), CAE (computer-aided engineering), CAM (computer-aided manufacturing), одна з таких систем представлена на рисунку 2.6.

Його переваги:

– широка механізація та автоматизація на всіх етапах ув'язки, проектування й виготовлення деталей та оснастки;

- паралельне виготовлення багатьох елементів необхідної оснастки, що суттєво скорочує терміни підготовки виробництва;
- трудомісткість обробки робочих контурів оснастки й скорочується в 5...10 разів через виключення великого обсягу ручної праці;
- зменшується найменнування шаблонів на 80...90%;
- суттєво підвищується точність ув'язування оснастки, виготовлення деталей та складання.

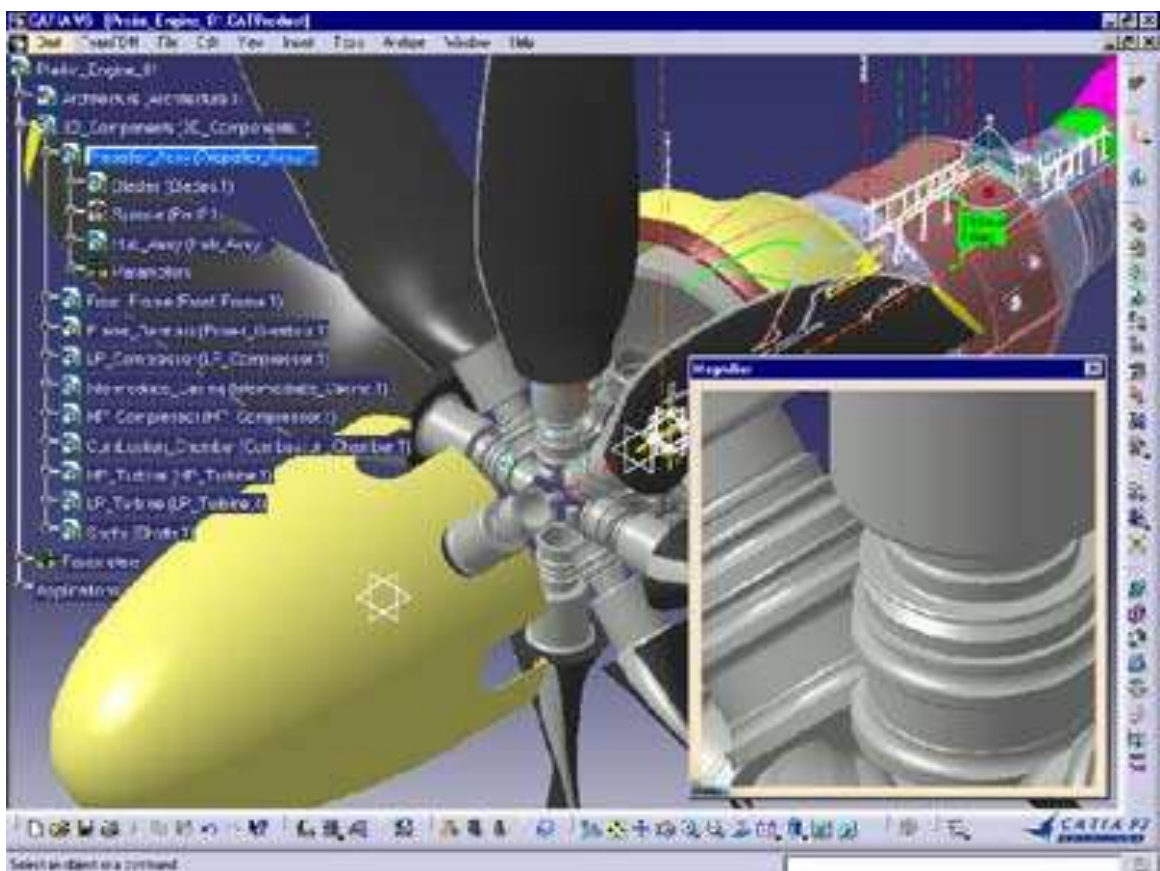


Рисунок 2.6 - Діалогове вікно CAD програми Catia

2.8 Розробка схеми базування складових частин нервюри

Схема базування - це сукупність встановлюваних баз, необхідних і достатніх для однозначного базування деталей у виробництві з дотриманням потрібних ступенів свободи.

В цілях дотримання точності зборки, потрібно дотримуватись трьох основних принципів базування: єдності баз, сталості баз, суміщення баз (вибір складальних баз в якості встановлюваних).

Базування виконується :

- стінка - по координатно-фіксуючим отворам (КФО) на верхньому поясі;
- пояс - по обводам ложементу складального пристосування;
- стійки - по складальним отворам на стінці
- пояс з кницями - по складальним отворам.

Розробка детального технологічного процесу складання нервюри

Технологічний процес (ТП) - основний технологічний документ, що встановлюють технологічний маршрут складання, а також методи, засоби і СТО для його виконання.

Технологічні процеси бувають:

1) За призначенням:

- Тимчасовий.
- Серійний.

2) За організацією виробництва:

- Єдиний.
- Серійний.

3) За описом:

- Маршрутний.
- Операційний.
- Маршрутно-операційний.

4) За значущістю:

- Стандартний.
- Особливо-відповідальний.

5) За освоєністю:

- Освоєний.
- Новий (що містить раніше не вживані методи виготовлення; освоєний в галузі, але не застосовувався на підприємстві; містить процеси обробки нових матеріалів).

6) По контрольнопридатності:

- Стандартний.
- Спеціальний.

Основними вихідними даними для розробки ТП є:

- галузеві та прийняті на підприємство НТД;
- виробничі норми зафіксовані в корпоративних НТД;
- кількість робочих і їх кваліфікація;

Мною розроблений ТП складання нервюри літака Ан-148 (Таблиця 2.2).

Номер операції	Зміст операції	Обладнання, інструмент
005	Комплектувальна: отримати, деталі нормалі, матеріали. Перевірити на відсутність механічних пошкоджень, і цілісність покриття, підготувати пристосування, перевірити наявність клейм БТК.	Візуально
010	Встановити в пристосування верхній і нижній пояс нервюри згідно креслення. Кріпити їх гвинтовими притисками 4шт., встановити в робоче положення фіксатор пояса в зоні 1-го лонжерона кріпити штирем.	Вручну Молоток слюсарний
025	Встановити стінку (поз. 101), в пристосування на поверхню верхнього і нижнього поясів згідно креслення поєднавши БО (2шт.), в стінці з штирями на пристосуванні.	Вручну
030	Встановити на стінку стійку (поз. 105), поєднати СО (2шт.), кріпити технічними гвинатми (т/гв)	Ключ 7812-0163, викрутка
035	Свердлити по НО в стійці (поз.105) разом з стінкою 18отв. Ø4,05 і згідно креслення.	Пневмодрель СМ 21-9-2500, свердло, щуп.
040	Встановити стійку (поз. 103) на стінку, повторити переходи 030-030.	Пневмодрель СМ 21-9-2500, свердло, щуп.

		Ключ 7812-0163, викрутка
045	Розмітити 8 центральних отворів (ц.о) під заклепки для кріплення стійки (поз. 105, 103) по верхньому і нижньому поясам нервюри згідно креслення. Свердлити по розмітці 8отв. Ø4.05 в стійці (поз. 105), разом з поясом і стінкою. Кріпити 2 (т/гв)	Карандаш; Пневмодрель СМ 21-9-2500, свердло, калібр-пробка, ключ.
055	Встановити стінку (поз.143) в пристосування згідно креслення, по поєднавши БО (2шт.), в стінці з штирями на пристосуванні. Встановити на стінку (поз.143), стійки (поз. 104,106,107) повторивши переходи 030-035 з рази, (34отв. Ø4.05, 12отв. Ø5.05,	Ключ 7812-0163, викрутка Пневмодрель СМ 21-9-2500, свердла, калібр-пробка.
060	Розмітити 16 ц.о для кріплення стійок (поз. 104,106,107)з поясами згідно креслення. Свердлити по розмітці 8отв. Ø4.1 , 8отв. Ø5.05 , в стійках разом з стінкою і поясами, кріпити 6 (т.гв).	Карандаш; Пневмодрель СМ 21-9-2500, свердла, калібр-пробка, ключ, викрутка.
065	Встановити на нервюру з'ємну стійку (поз. 110), згідно креслення, виставити по рискам в пристосуванні, фіксувати гвинтовими притисками 2шт.Ø6. Свердлити по НО в стійці (поз. 110) разом з разом з верхнім і нижнім поясами в 2 перехода 8отв. Ø4,01. Кріпити стійку 2(т/гв).	Пневмодрель СМ 21-9-2500, свердла, ключ, викрутка

070	Встановити з'ємні стійки (поз. 111,112), на нервюру, повторивши.	Пневмодрель СМ 21-9-2500, свердла, калібр-пробка, ключ, викрутка
075	Розфіксувати гвинтові притиски кріплення нервюри, по поясам і з'ємним стійкам (12 вузлів фіксації), винути нервюри з пристосування покласти на верстак.	Молоток слюсарний, ключ, викрутка.
080	Свердлити по НО, в верхньому и нижньому поясі разом з стінками (поз. 101 і 143), 42отв. Ø4,05 . Повторити операцію для нижнього пояса, для 28 отв. Ø4,05 і 14 отв. Ø5,05. Очистити деталі, робочу зону від стружки, зняти задири.	Пневмодрель СМ 21-9-2500, свердла, калібр-пробка, щітка.
085	Контролююча: контроль діаметрів отворів під заклепки, шорсткості поверхні отворів, якості кромки, відсутність задирки. Контроль щільності прилягання деталей між собою, відсутності зазорів.	Щуп. Візуально
090	Знежирити отвори 18 шт. під заклепки металізації, нанести на стержні заклепок герметик У-30МЕС токопровідний (клепання виконувати не пізніше 2 годин з моменту розсверлення отворів). Вставити в отвори заклепки 184шт. по кріпленню стінок з поясами і стійками згідно креслення, виконати клепання на пресі. Встановити книці по НО в нижньому і	Ніфрас, серветка, шпатель. Прес клепальний КП-204

	<p>верхньому поясі, клепати на пресі.</p> <p>Контролювати висоту і діаметр замикаючих головок заклепок, висоту компенсатора.</p>	
095	<p>Виконати оброблення отворів Ø5Н9, під болти кріплення стійок (поз. 103, 104, 110, 112) по верхньому і нижньому поясах .</p> <p>Виконати контроль діаметрів отворів під болти, контроль шорсткості, відсутності тріщин, задирів.</p>	<p>Пневмодрель СМ 21-9-2500, свердло, зенковка, калібр-болт, калібр-пробка.</p>
100	<p>Виконати встановлення болтів в отвори на герметику У-30МЕС, встановити гайки на ґрунті ЕП-0215, виконати затяжку з таруванням $M_{кр}=0,57\text{кгс}\cdot\text{м}$.</p>	<p>Гайковерт, шпатель.</p>
105	<p>Знежирити закладні поверхні замикаючих головок, виступаючих різьбових частин.</p> <p>Нанести на знежирені елементи кріплення ґрунт ЕП-0215, сушити 30 хвилин, при $t=30^{\circ}$.</p> <p>Прибрати зону виконання робіт.</p> <p>Контролювати якість нанесення покриття.</p> <p>Клеймувати складання згідно креслення.</p>	<p>Ніфрас, серветка, шпатель, пілосос.</p> <p>Візуально</p>
110	Контроль ВТК	-

Технічні умови (ТУ) на поставку деталей і під збірок відповідно технологічному процесу складання нервюри

Технічні умови - пред'являють допоміжні вимоги до деталей і складальним одиницям, такі вимоги враховують технологію виготовлення. ТУ на поставку визначаються з урахуванням наступних умов:

- Схеми конструктивно-технологічного членування;
- обраного метода складання;
- Схеми складання
- Максимальної завершеності складових частин, які надходять на складання;

Специфічні ТУ поставки можуть мати наступну інформацію:

- кількість і місця розташування СО, БО і НО;
- данні про наявність припусків і ступеня технологічної завершеності.

Таблиця 2.3 —ТУ на поставку деталей

Деталі		Стадія завершеності	Наявність технологічних отворів в одній деталі
Назва та номер креслення	Кількість		
Пояс верхній нижній	2	Без припуску	4 БО Ø 2,6 мм, 52 СО Ø3,05мм 80 НО Ø4,05 мм
Стінка	2	Без припуску, згідно креслення	4 СО Ø2,05мм 4 БО Ø 2,6 мм НО згідно креслення
Стійка	8	Без припуску, згідно креслення	16 СО Ø2,5 мм 16 СО Ø4,05мм 106 НО Ø4,05мм

Технічний гвинт, шайба, гайка	36	-	36 Ø2,5мм 36 Ø3мм
----------------------------------	----	---	----------------------

Вибір схеми складального пристосування

ТУ на проектування складального пристосування для нервюри №5

- Пристосування призначено для складання нервюри №5.
- Деталі з яких складається оснастка: плаз, фіксатор поясів і стійок, упор.
- Основні технологічні бази згідно схеми базування. Установчі бази: СО, КФО.
- Нервюру розташовувати вертикально.
- Складання нервюри виконувати згідно технологічного процесу.
- Встановлення деталей виконувати вручну.
- Засоби механізації КФО.

Вибір схеми та компоновання складального пристосування

Пристосування призначене для забезпечення необхідної точності при складанні і взаємозамінності.

При виборі оснащення потрібно враховувати розміри, конструкцію, способи базування для даного складання. При виготовленні пристосування нервюри крила в якості базової використовуємо вісь нервюри.

Пристосування для складання нервюри №5 зображено на рисунку 2.7

Перелік позначень:

1. Плаз (1шт.)
2. Фіксатор пояса (4шт.)
3. Фіксатор стійок (6шт.)
4. Упор (4шт.)
5. Втулка (4шт.)
6. Кутник 50*50*5 (2шт.)

7. Штифт 5*30 (40шт.)

8. Болт М5*35 (40шт.)

9. Гайка М5 (40шт.)

10. Шайба 5 (40шт.)

11. Штирь (4шт.)

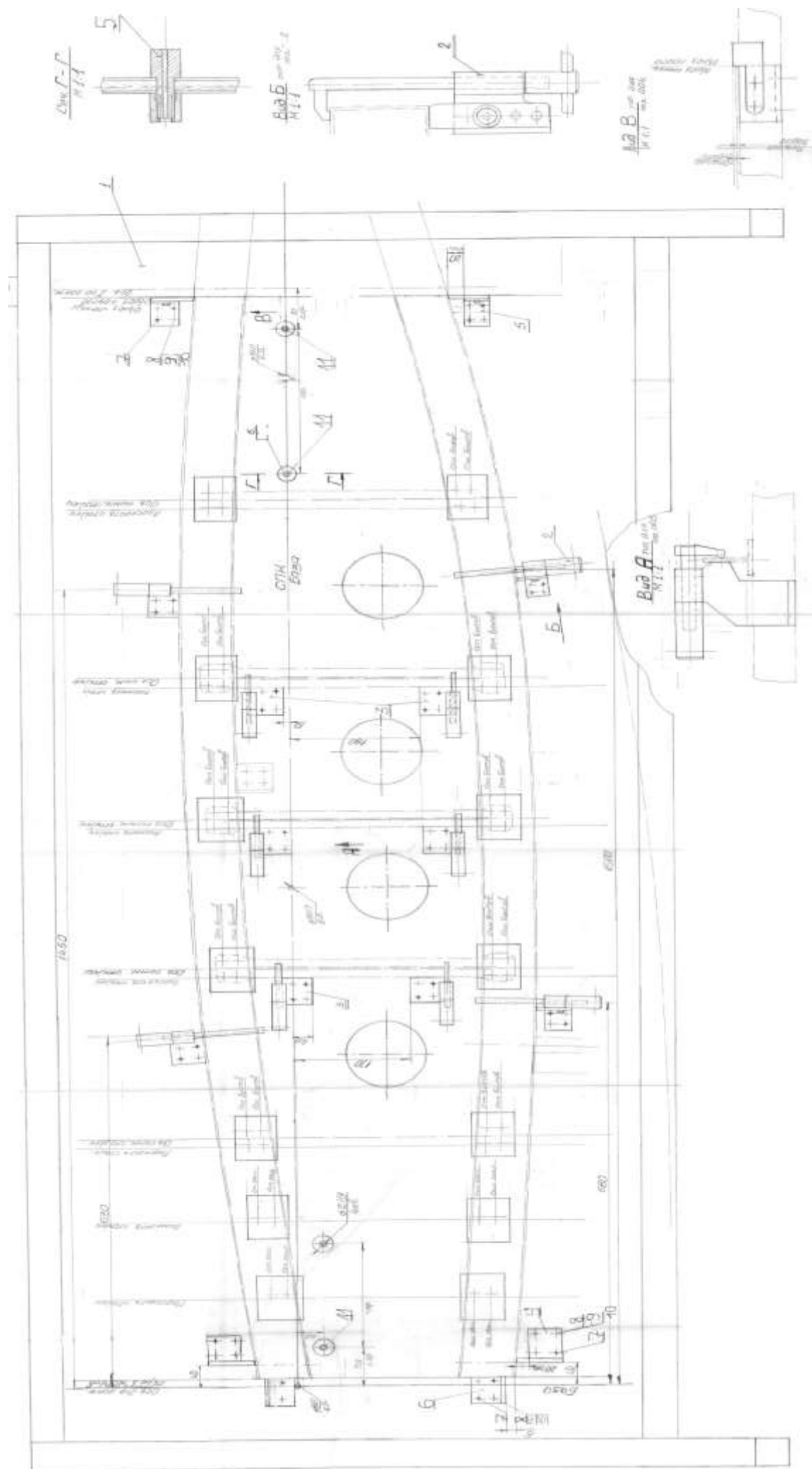


Рисунок 2.7- Пристосування для складання нервюри №5

Розділ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗУСИЛЬ ВПЛИВУ І ТОЧНОСТІ ОТВОРІВ НА ТОЧНІСТЬ КІНЦЕВОГО ОБ'ЄКТУ

3.1 Переваги і недоліки заклепкового з'єднання

Заклепкове з'єднання є одним з найпоширеніших видів нероз'ємного з'єднання деталей, в авіабудуванні в середньо-магістральному літаку застосовується більш ніж півтора мільйонів заклепок, таке має низку переваг:

- довговічність;
- надійність
- герметичність
- відсутність нагріву

застосовується для складання агрегатів, вузлів і відсіків, представлене на рисунку 3.1.

На всіх передових авіа заводах, процес клепок автоматизований і виконується клепальним автоматами або роботами і вплив на людину мінімізований, однак вони мають вплив на точність самої збірки, і при клепанні крила, нервюр і обшивки, це має велике значення, так як крило являється головним елементом яке створює підйому силу. Приклад

Тому крило не повинно мати хлопунів, упругопластичних деформацій, зазорів, хвилястостей на поверхні, яка забезпечує аеродинамічний контур.

З недоліків можна виділити, трудомісткий, виконання отворів в пакеті деталей, велика кількість отворів, яке послаблює конструкцію.

Основними матеріалами з яких виготовляються заклепки є, Сталь (Ст2, Ст3), алюмінієвих (АМг5п, Д18, АД1).

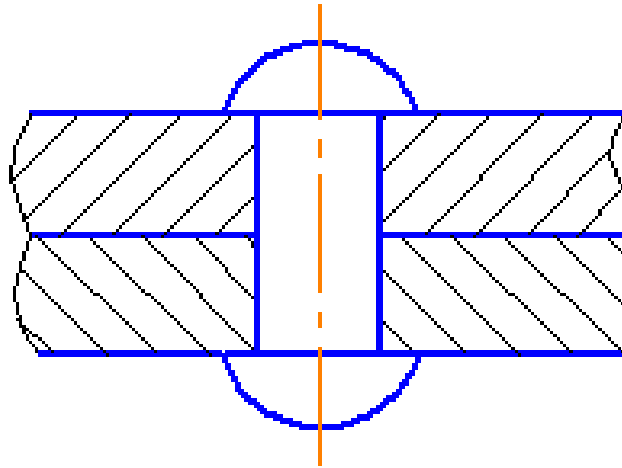


Рисунок 3.1 – Заклепкове з'єднання

За формою розрізняють (рисунок 3.2):

- з напівкруглої;
- конусної;
- циліндричної;
- потайні;
- полупотайною головкою;
- бочкообразною головкою і конічним подголовком

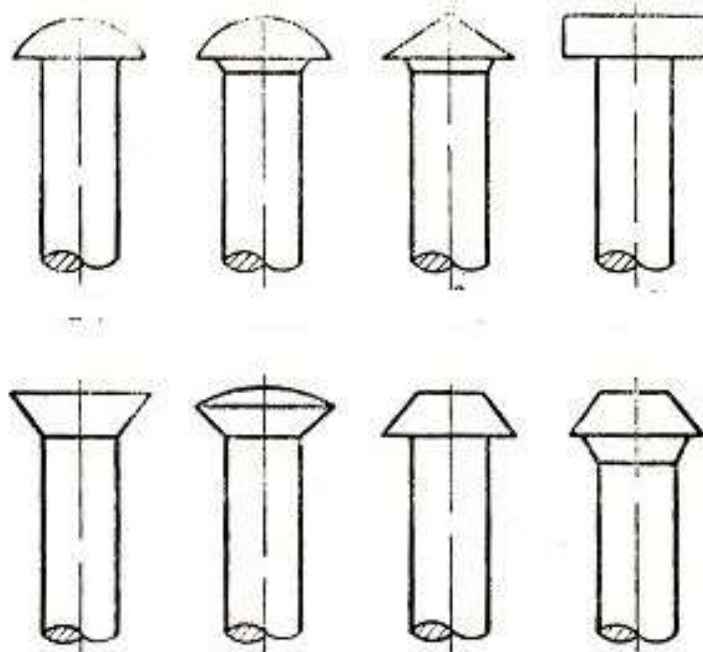


Рисунок 3.2 – Види заклепок

Заклепка яка з'єднує листовий матеріал сприймає деформацію від згину стержня, деформацію від зрізу в площині а-б 3, представлено на рисунку 3.3.

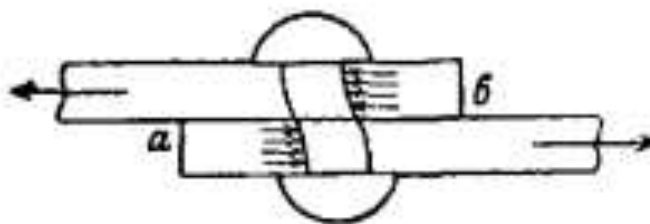


Рисунок 3.3-Деформації

Заклепки в пакеті приймають великі навантаження, тому що пов'язані з зусиллями і вібраціями, які переносить конструкція літака під час польоту і ці навантаження можуть бути як циклічні так і статичні. Тому такий тип з'єднання повинен відповідати високим потребам по стійкості, появі корозії, герметичності, кліматичним змінам.

Приблизно 70%-80% довговічності літальних апаратів припадає на болтові і заклепкові з'єднання, для того щоб уникнути поломок і тріщин, потрібно використовувати матеріали, які найбільше піддаються втомним навантаженням і мають великий супротив корозії.

Але, як правило, покращення конструктивних факторів призводить до збільшення маси. Товщина листового матеріалу являється основним фактором для з'єднань, які працюють на зріз і який може вплинути довговічність і витривалість.

Рівень напружень і концентрації отворів залежить напряду від діаметра, метода техніки виконання отвору, способу клепаання. Це були конструктивні фактори, а до технологічних можна віднести параметри шорсткості, наклеп, квалітет точності, радіальний натяг.

Переваги автоматизованих устаткувань для клепаання проти ручної клепки в тому, що такі машини можуть виконувати наступні операції:

- зенкування, свердління;
- зажим пакету деталей;
- нанесення ґрунту;
- вставлення заклепки;
- розклепування;
- вирівнювання закладної частини заклепки.

Всі ці операції управляються програмою і таке устаткування дозволяє підвищити продуктивність, точність приблизно в рази швидше ніж при ручному клепанні. Автомат Gemcor 5013 показаний на рисунку 3.4 і ручна клепка показана на рисунку 3.5.



Рисунок 3.4- Автомат Gemcor 5013



Рисунок 3.5 - Ручна клепка

3.2 Точність отворів авіабудуванні

Точність отворів в машинобудуванні визначається значенням допусків, яке показує різницю значень між найменшими і найбільшими граничними величинами, які задає конструктор під час проектування конструкції або деталі, ці розміри визначають також спосіб встановлення сполучних деталей, перший це посадка з натягом і з зазором.

В авіаційній промисловості допуски визначають на : деталь відсік, вузол, агрегат й на літак в цілому. Це виконується на кінцевому етапі, коли проводять нівелювання літака по реперним точкам. Нівелювання показує відхилення поверхності, агрегатів, шасі відносно один одного, тому точність кожної складової має великий вплив на аеродинамічні характеристики, керованість і найголовніше - безпеку. Схематичне зображення нівелювання показано на рисунку 3.6

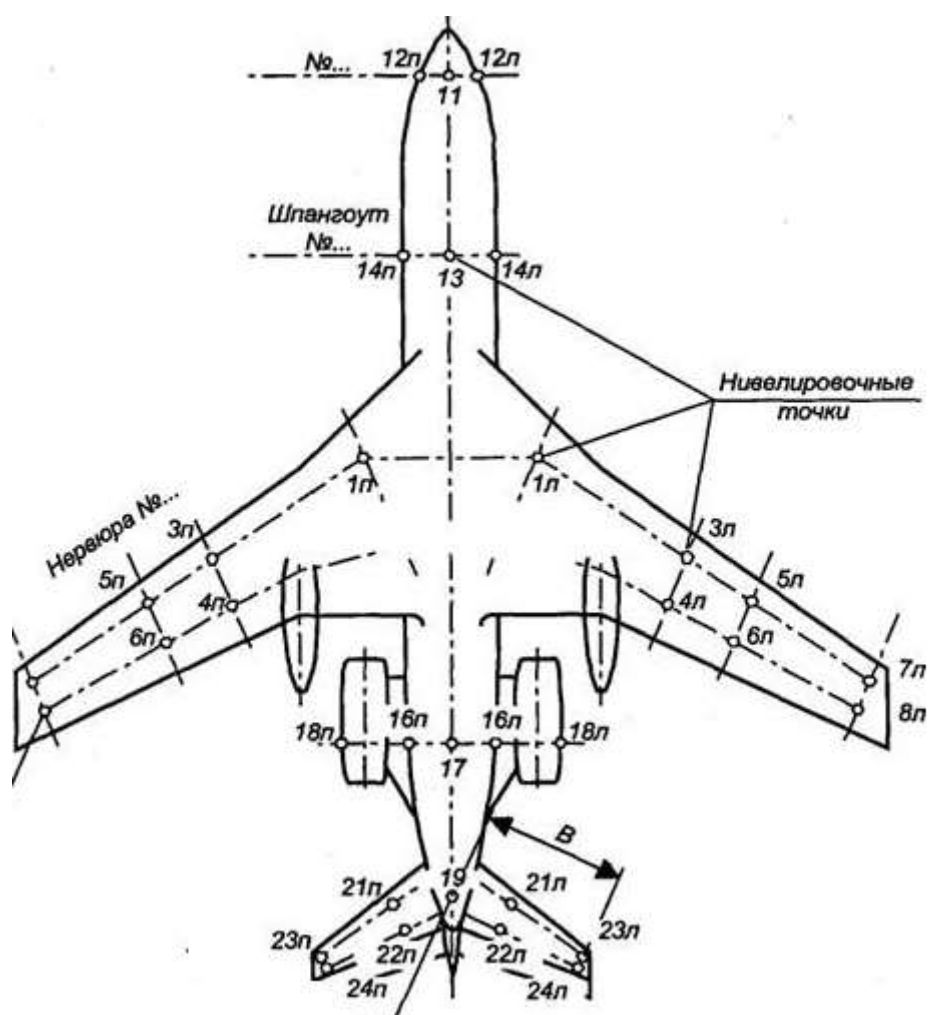


Рисунок 3.6 - Схематичне зображення нівелювання

3.3 Вплив якості збірки на властивості виробу

В конструкторській документації до якості і форми зовнішньої поверхні визначаються такі вимоги:

- Відхилення обводів агрегатів від теоретичного контуру можуть складати від $\pm 0,5$ мм до $\pm 1,5$ мм, в залежності від зони.
- Хвилястість зовнішньої поверхні на базі 500мм (0,001-0,003мм).
- Виступання головок заклепок 0,05-0,1мм.
- Утяжки обшивки навколо заклепок 0,05-0,15мм
- Виступ і западання головок болтів.
- Шорсткість зовнішньої поверхні після фарбування не більше $Ra=1$ мкм

Основні міри підвищення якості і технологічності деталей і агрегатів:

- Вибір раціональних схем складання.
- Підвищення точності виготовлення деталей.
- Вибір відповідних засобів технологічного оснащення.
- Поопераційний контроль.
- Автоматизація складальних процесів.

4. Аналіз дослідження моделі

В якості досліджуваної моделі було обрано дві нервюри, лонжерони і закріплену за допомогою заклепкового з'єднання нижню частину обшивки крила. Дослідження виконувалось з використанням метода кінцевих елементів (МКЕ).

Використання цього метода в програмному забезпеченні SolidWorks має великий спектр можливостей, які дозволяють вивчити фізичний стан тіла, на яке діють певні зусилля на різних етапах життєвого циклу, а також деформації, які виникають в наслідок дії зовнішніх факторів.

Дослідна модель зображена на рисунку 4.1

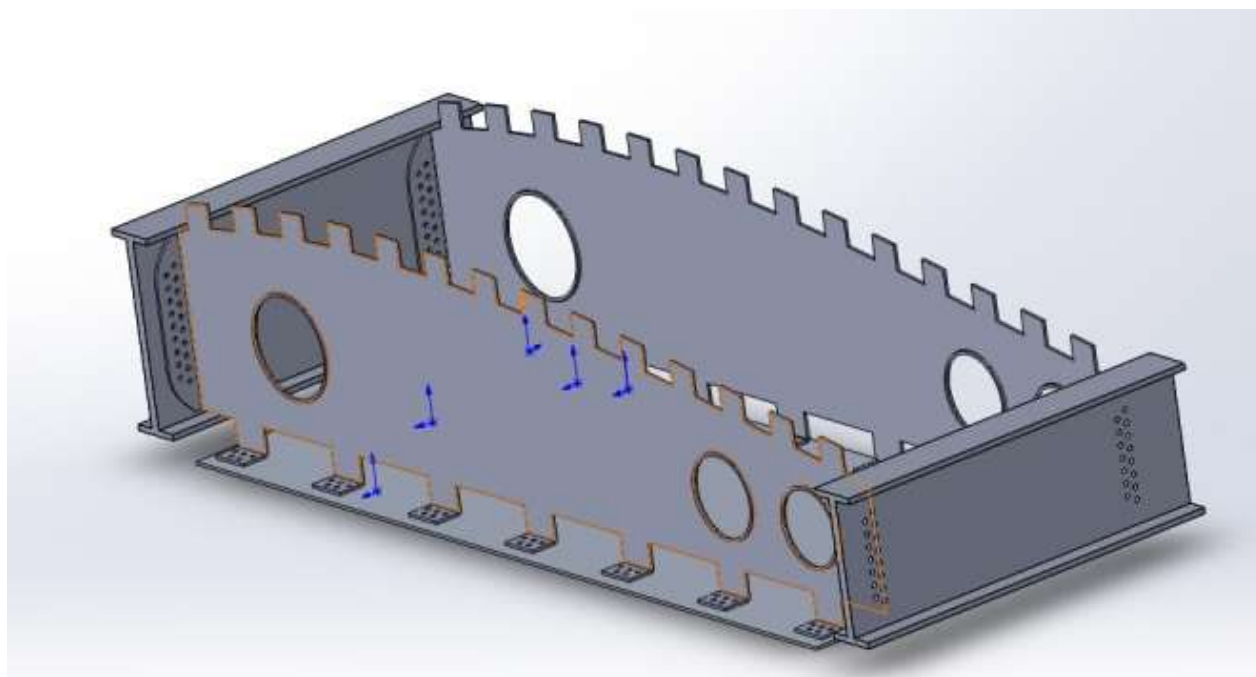


Рисунок 4.1 - Досліджувана модель

Особливістю є те, що нижня обшивка забезпечує аеродинамічний контур, до якої відносять високі вимоги по точності складання, тому що вона забезпечує аеродинамічну поверхню. Для того щоб забезпечити високу точність, необхідно використовувати раціональні параметр клепання, матеріалу, і

відповідні технологічні процеси. Матеріали з яких виготовлялись досліджувані деталі: алюміній (Д16) для деталей і СТЗ для заклепок.

Виконаний порівняльно-теоретичний аналіз, заклепкових з'єднань з діаметром отворів:

1. 4.00(мм)
2. 4,15(мм)
3. 4.25(мм)

Навантаження дорівнювало 300кг/м^2 . Також були прийняті допущення:

- тертя між елементами відсутнє
- матеріал конструкції і заклепок працює в межах пружності

Для проведення розрахунку по цьому методу була використана тетраедральна сітка кінцевих елементів, яка складається з 56936 елементів рисунок 4.2 і яка показує, що плоскі і прямі ділянки спрощені, а криволінійні мають більш щільну структуру.

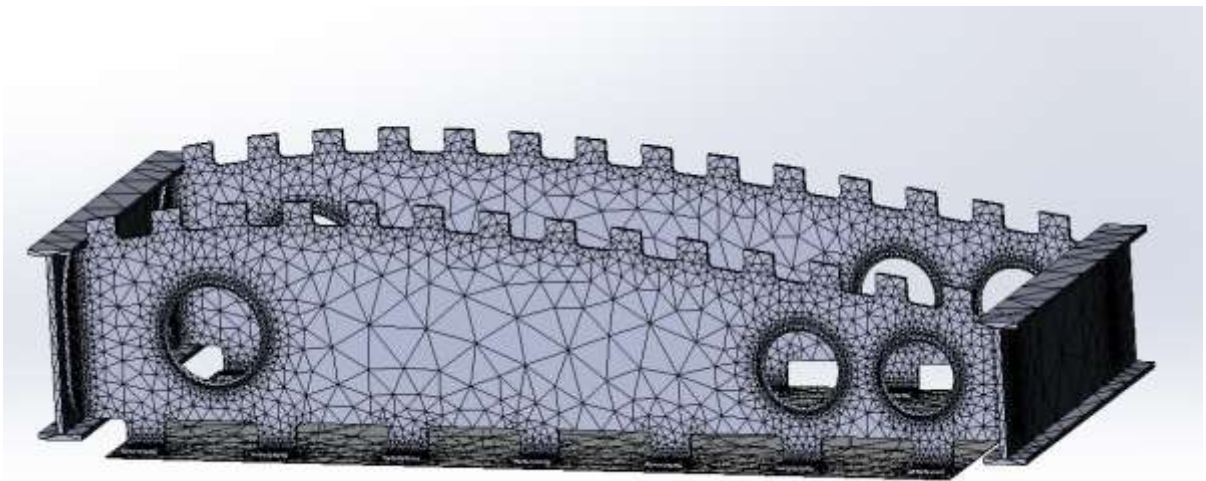


Рисунок 4.2- сітка кінцевих елементів

4.1 Результати і висновки

При виконання складальних операцій неможливо отримати всі отвори під кріплення номінального діаметра. Виконавши розрахунок з отворами діаметром 4.00мм переміщення склало 7.6мм як показано на рисунку 4.3, при діаметрі отворів 4,15мм похибка складає 9,7мм, див.рис.4.4, при діаметрі 4.25мм максимальне переміщення становить 10.66мм рис.4.5. Так як при виконанні отворів неможливо отримати все отворів номінального діаметра. З цього було взято середнє значення.

Таким чином, при відхиленні розмірів отворів від 4.00мм до 4.25мм, що становить 5.9% від номінального діаметра, можна стверджувати, що величина деформації при клепки становить 29%.

Рекомендації щодо зменшення впливу зусиль клепки і похибки діаметрів отворів від номінальних заданих розмірів на переміщення зводяться до виконання розрахунків методом кінцевих елементів, свердління отворів з мінімальним відхиленням розмірів від еталонних, використання високоточного обладнання для свердління, кондукторів, високоточних свердел.

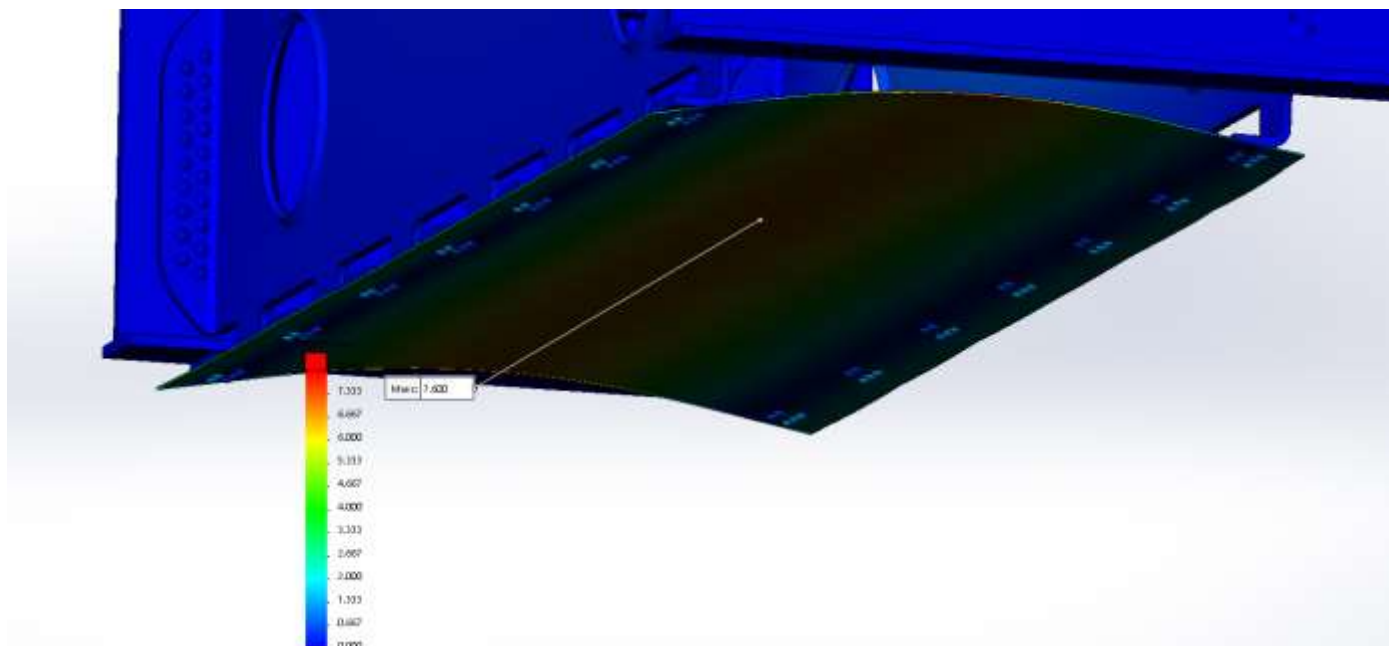


Рисунок 4.3- напружено деформований стан з діаметром отворів 4.00мм

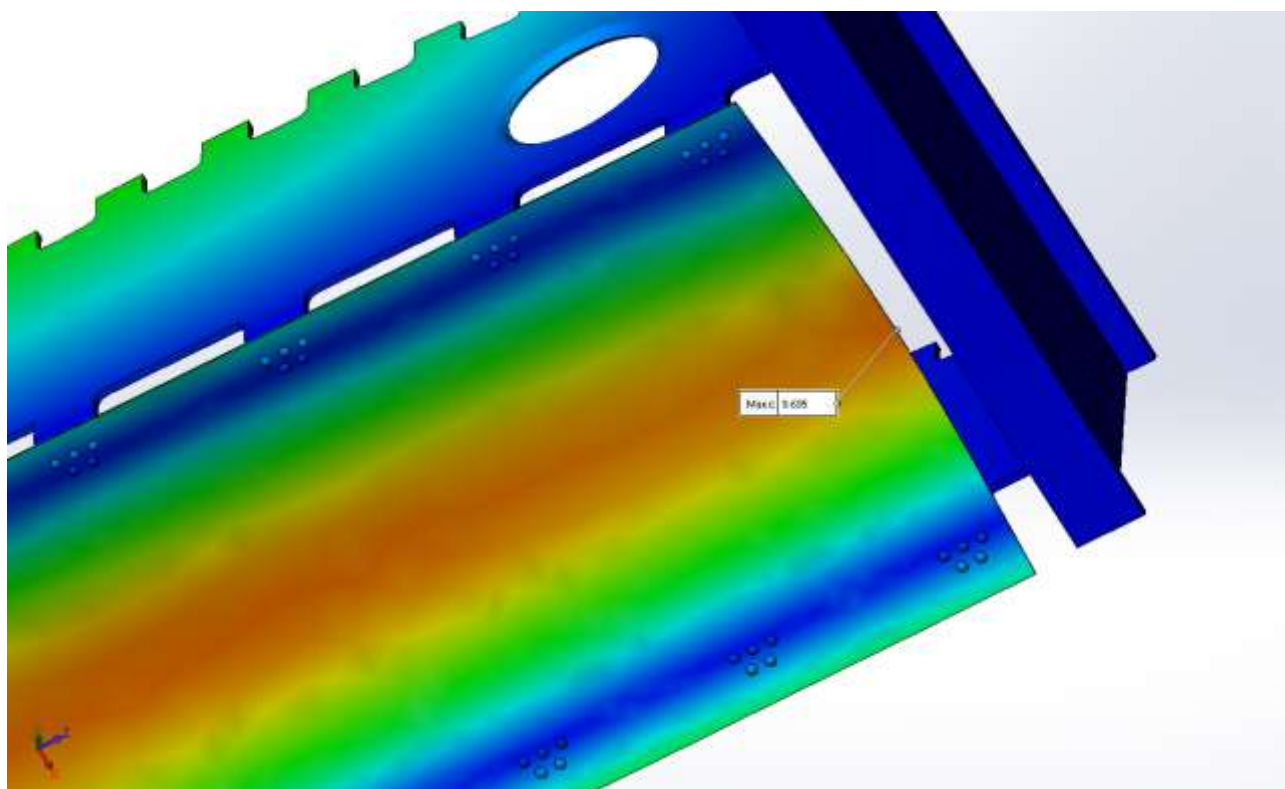


Рисунок 4.4-напружено деформований стан з діаметром отворів 4.15мм

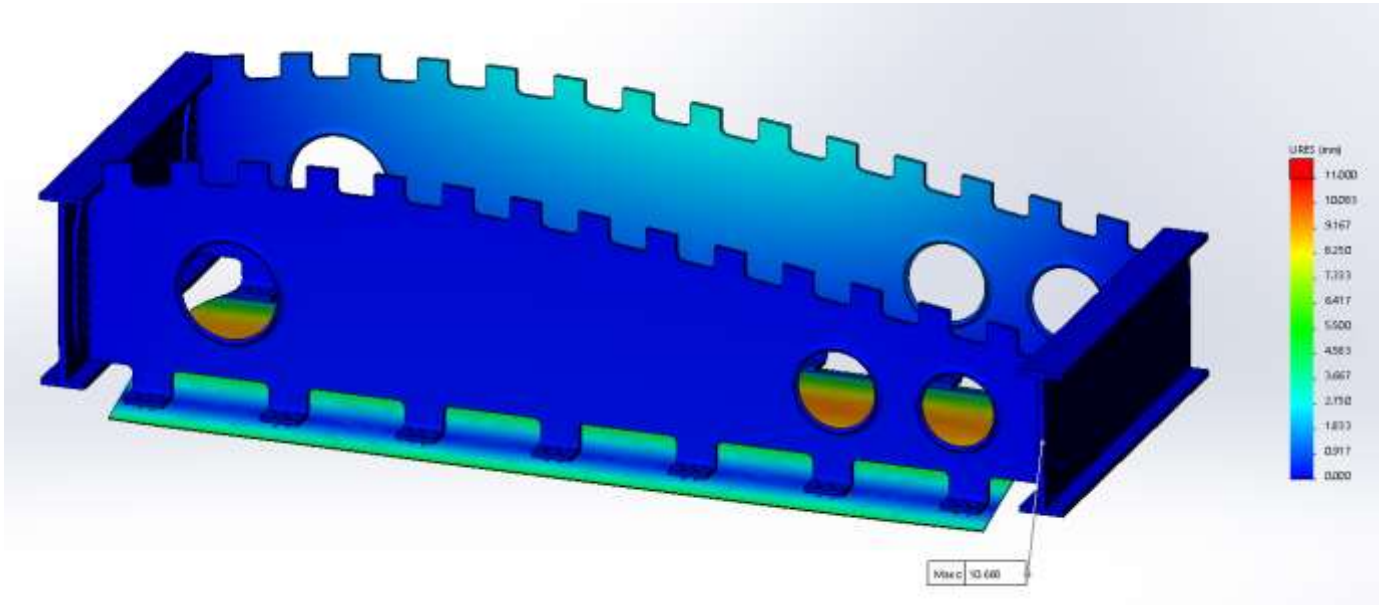


Рисунок 4.5- напружено деформований стан з діаметром отворів 4.25мм

4.2 Розробка математичної моделі дослідження

Під математичною моделлю йдеться мова про представлення результатів досліду за допомогою, математичних функцій з використанням математичних методів і правил. За допомогою цієї моделі ми маємо можливість:

- зберегти ресурси для розробки реальної моделі
- можливість показати максимальні й мінімальні параметри роботи тієї чи іншої системи
- графічне і цифрове зображення результатів

Для того, щоб показати залежність двох параметрів між похибкою і діаметром отворів був використаний кореляційний аналіз.

Коефіцієнт кореляції позначається літерою r і визначається за формулою представленою на рис.4.6 і значення можуть бути від +1 до -1, при отриманні коефіцієнта 0 означає, що залежності між параметрами не має відповідно +1 показує, що збільшення одного параметру призводить до збільшення другого. Вихідні данні представленні на рисунку 4.7

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{j=1}^n (Y_j - \bar{Y})^2}}$$

Рисунок 4.6 - формула визначення коефіцієнта r

Діаметр отворів	Похибка
4	7,6
4,15	9,7
4,25	10,6

Рисунок 4.7- вхідна данні

Коефіцієнт кореляції (r)= 0,993, що свідчить про високу залежність двох параметрів і те що при збільшенні одного критерію збільшується інший.

Для перевірки виконаємо розрахунок за допомогою програмного пакету Excel «Пакет Аналізу/ Кореляція», отримані дані показані на рисунку 4.8

	Стовпчик 1	Стовпчик 2
Стовпчик 1	1	
Стовпчик 2	0,993735	1

Рисунок 4.8 - результати отримані за допомогою пакета аналіза «Аналіз даних»

З таблиці видно, що отриманий результат співпадає і показує, що всі розрахунки виконано правильно.

Також був виконаний кореляційно-регресійний аналіз і побудована діаграма на якій показана лінія тренда, що відображає середні значення аналізуючих показників (рис. 4.9)

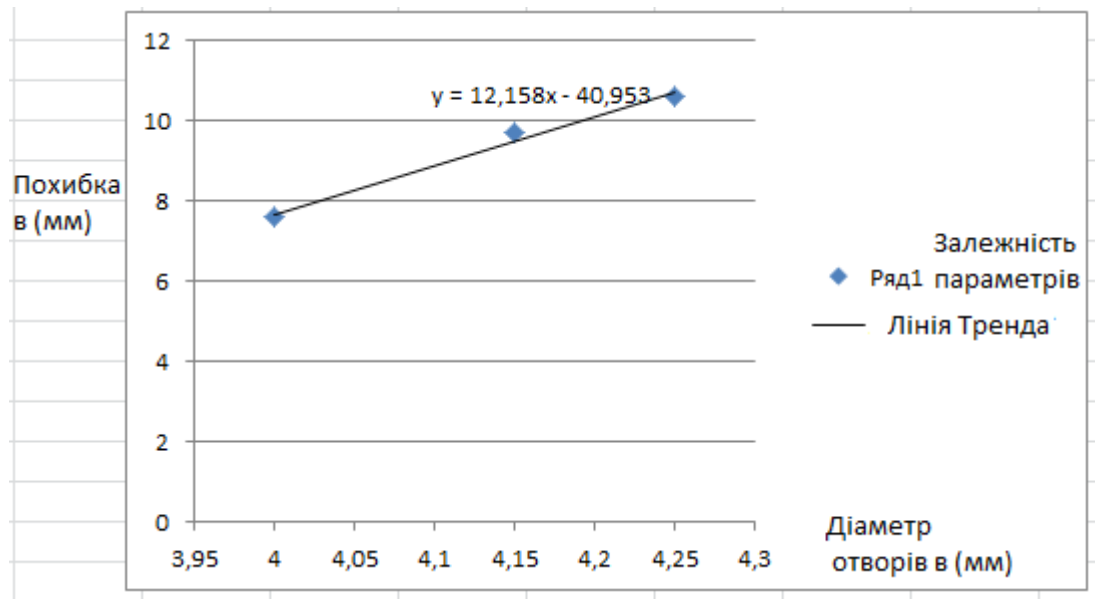


Рисунок 4.9- Діаграма залежностей за лінією тренда

Також на основі отриманих результатів було побудовано графік емпіричних залежностей зусиль клепання та впливу на деформації з номінальним заданим діаметром отворів 4,00мм рис. 4.10.



Рисунок 4.10 Залежність похибки від зусиль

5. Стартап проект

Виконання проектів в машинобудування це трудомістка праця, яка включає непростий, тривалий тип роботи, який взаємопов'язаний з необхідністю здійснення великих розмірів науково-експериментальних праць і залученням безлічі сусідніх науково-виробничих компаній та центрів.

Так само як фактична наука, стартап проект формується в обставинах потреби відновлення конкурентно спроможності представлення тих чи інших галузей держави на міжнародному ринку.

У процесі дослідження напряму проектів у машинобудуванні розглядаються відповідні проблеми:

- визначення концепції і встановлення цілей;
- складання плану;
- залучення і результативне застосування засобів (матеріальних та нематеріальних);
- формування команди;
- аналіз ризиків плану;
- керівництво комунікаціями плану;
- нагляд і спостереження за розвитком.

Застосовувані в проектах процеси, можна розділити на 2 ключових вида:

- процеси які є критичними, які визначають міри і заходи управління;
- процес допомоги сфери ведення бізнесу, які підтримують необхідні процеси для формування продукції та організації проекту в області бухгалтерського обліку, безпеки, логістики, фінансів.

Метою стартап-проекту вважається розвиток інноваційного мислення, підприємницької атмосфери, а також розвитку можливостей згідно ключових науково-промислових досліджень, сформованих в попередній частині магістерської дисертації.

Мета полягає у рекламному розгляді можливостей здійснення запропонованих магістрантом науково-промислових висновків та послуг, а також реалізації у інженерній сфері.

5.1 Опис ідеї

В таблиця 3.1 та 3.2 розглянуто ідеї та проведено аналіз слабких, сильних сторін проекту.

Таблиця 5.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка технологічних процесів для виготовлення деталей, складання вузлів, авіаційних літальних апаратів, та проведення технічних аналізів чи досліджень	Використання на авіаційних підприємствах, в металообробці, наукових центрах, надання професійних консультацій	Зменшення затрат на виробництво, економія часу, впевненість в наданих результатах.

Таблиця 5.2. Аналіз сильних та слабких характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики	Сильна	Слабка	Нейтральна
1.	Інвестиції	+		
2.	Легкість співробітництва		-	
3.	Популярність	+		
4.	Швидкість доставки			+

5.	Покупець	+		
6.	Ціна розробки			+
7.	Екологічні	+		

В данному проекті проведено аналіз технологій, з підтримкою якої можливо реалізувати ідею. Було розглянуто питання: реалізації готової продукції, і доцільності існуючих технологій.

Таблиця 5.3. Аналіз ідеї проекту

Ідея проекту	Технологія її реалізації	Наявність технологій	Доступність
Розробка технологічної документації	Написання та підготовка технологічної частини для виготовлення чи складання об'єкту в машинобудуванні чи авіабудуванні	Існують	Доступне , але необхідне маркетинговий розвиток

Завдяки даному аналізу можна зробити висновок, що стартап можливо запустити, але з урахуванням розвитку ринку інжинірингових та консалтингових послуг , а також з пошуком постійних клієнтів.

5.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових потреб, які можливо застосувати на ринку під час запуску і визначення ринкових небезпек, які можуть перешкодити здійсненню, з урахуванням стану на ринку технологій, необхідності ймовірних покупців і послуг які надають конкуренти.

Аналіз ринку потенційних клієнтів представлений в (таблиці 5.4).

Таблиця 5.4. Характеристика потенційного ринку проекту

п/п	Показник ринку	Характеристика
1	Продуктивність ринку	Зростає
2	Спеціальні вимоги для реалізації (сертифікований персонал, наявність проведених фізичних дослідів)	Присутні
3	Обмеження по застосуванню в залежності від типів суден на яких буде застосовуватись розробка	Можлива
4	Середня рентабельність в сфері	50%

Визначення факторів які відносяться до потенційних покупців, вимоги до товару (див.табл.5.5).

Таблиця 5.5. Характеристика загроз ймовірних замовників стартап-проекту

№ п/п	Фактори	Зміст загрози	Можливі рішення
1.	Зниження попиту на ринку використання товарів на які надаються послуги	Відсутність замовлень	зміна ринку збуту
2.	Залежність між географічним положенням	Доступ та можливість використання інформації	Розробка нових умов співпраці

3	Кваліфікований персонал	Необхідність кадрових спеціалістах	в	Створення тренінгів та необхідних умов для розвитку
---	-------------------------	------------------------------------	---	---

Таблиця 5.6. Фактори можливостей

№ п/п	Фактори	Можливості	Вплив на стан компанії
1	Відновлення ринку авіаційних послуг	Збільшення замовлень	Покращення умов праці
2	Вихід на підприємства-гіганти	Створення репутації	Вихід на нові технології
3	Розширення ринку збуту	Освоєння нових галузей	Удосконалення знань робочого штату

Виконано класифікацію пропозицій відповідно до позначень на ринку (див.табл.5.7)

Таблиця 5.7 Класифікація позначень на ринку

Характеристика середовища ринку	Виявлення рис	Вплив на роботу компанії, риси конкурентоспроможності
Вид конкуренції	Монополія	Зменшення затрат на виробництво
Рівень конкуренції	Національна	Розширення ринку
За галузевою	Міжгалузева	Використання лише на відповідному типа виробництва
За характером переваг	Якісна	Якість і продуктивність послуг

За інтенсивністю	Марочна	Закріплення статусу компанії
------------------	---------	------------------------------

Умови конкуренції представленні в таблиці 5.8

Таблиця 5.8. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Показники	Потенційні конкуренти	Постачальники	Замовники
	Підприємства які мають довготривалі стосунки з підприємством-виробником	Спеціалізовані компанії які надають в послуги ліцензовані інженерні програми для розрахунків	Авіаційні заводи, ремонтні заводи, інжинірингові компанії, дрібносерійні виробництва
Висновки	Конкуренція на ринку завжди присутня, для покращення послуг. Тому потрібно налагоджувати зв'язок з компаніями які надають інжинірингове програмне забезпечення, і виконувати послуги для клієнтів за мінімальний термін з максимальною якістю		

Аналіз факторів які покращать позицію на ринку

Таблиця 5.9. Визначення факторів конкурентоздатності

№п/п	Фактори конкурентоспроможності	Визначення
1	Зменшення часу на виконання послуг	При збільшенні продуктивності зростає кількість замовлень
2	Застосування нових засобів технологічного оснащення	Зменшення часу на виконання дослідів
3	Легкість освоєння інформації	Розширення ринку надання послуг
4	Рівень технічного складу компанії	Довіра і якість замовника
5	Рівень затребуваності	Підвищення ціни на ринку
6	Рівень розвитку оборонної структури держави	Виконання послуг на державне замовлення
7	Динаміка розвитку ринку	Створення наукових заходів, для залучення нових клієнтів

Кінцевою стадією впровадження стартапу є розробка SWOT-аналізу, який будується на основі таких показників: переваги і недоліки, і ринкові можливості, порівняльний аналіз представлений в таблиці 5.10

Таблиця 5.10 Порівняльний аналіз

№	Порівняльні фактори	Бали	Рейтинг товарів конкурентів						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Темп росту галузі	+1					+		
2	Збільшення замовників	+1					+		
3	Динаміка поширення ринку	-1			+				
4	Ступінь оновлення продукту	-2		+					
5	Рівень оновлення інструментів для виконання	+2						+	
6	Гнучкість підприємства	-1			+				
7	Суспільне визнання продукту	-1			+				
8	Збільшення конкурентів	+1					+		
9	Рівень застарілості	-2	+						

Таблиця 5.11 SWOT-аналіз

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> • Висококваліфікована команда інженерів • Якість надання послуг • Розширення попиту на продукцію галузі • Доступність на імпорт технологій 	<ul style="list-style-type: none"> • Маловідомий бренд • Невідома на ринку репутація
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> • Залучення інвестицій • Розробка нового продукту 	<ul style="list-style-type: none"> • Висока ціна програмного забезпечення • економічний спад • пандемії

На основі ринкових загроз та потреб, складено список факторів які впливають на маркетингову позицію продукту. Ці фактори були проаналізовані на основі потенційних конкурентів, які можуть конкурувати на ринку. На основі цього аналізу розробляються альтернативні фактори на ринку, з позиції отримання та реалізації ресурсів (табл. 5.12).

Таблиця 5.12 Альтернативні методи впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернативні індикатори ринкової поведінки	Вірогідність отримання ресурсів	Період реалізації
1	Нейтралізація ринку загрози, сильними сторонами	Ймовірна	6-8 місяців
2	Компенсація недоліків існуючими можливостями на	Ймовірна	3-5 місяців

	ринку		
3	Впровадження маркетингової системи в наукових факультетах	Вірогідна	6-18 місяців
4	Розвиток команди	Ймовірна	3-7 місяців

5.3 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розробка маркетингової стратегії є ключовою позицією для визначення ринку потенційних споживачів.

Таблиця 5.13 Вибір потенційних замовників

№	Профіль потенційних замовників	Готовність прийняття продукту споживачем	Темп конкуренції в сфері	Попит в цільовій аудиторії	Легкість входу в сегмент
1	Авіаційні заводи	Повна	Середній	Середній	Середня
2	Заводи з виготовлення деталей та вузлів	Повна	Високий	Середній	Висока
3	Дрібно-серійні підприємства	Повна	Середній	Високий	Висока

На основі потенційних груп споживачів вибрана диференційована стратегія, тому що використовуємо роботу з декількома замовниками і формуємо базову стратегію розвитку.

Таблиця 5.14 Базова стратегія розвитку

Основа стратегії розвитку	Охоплення ринку стратегії	Ключові конкурентні позиції відповідно до стратегії
Досягнення високої якості	Спеціалізований маркетинг	Досягнення високого попиту в сегменті. Робота над помилка для задоволеності клієнта. Розширення наукових потужностей.

Стратегія спеціалізації передбачає зосередження на конкретних потребах, які не захоплюють весь ринок, тому цілі бути кращими саме в цьому напрямі, для максимальної задоволеності замовника, але компанія повинна бути гнучкою для розширення сегменту свої послуг.

Таблиця 5.15 Визначення основної стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект першим в сегменті?	Чи буде проект шукати нових замовників, або залучати у конкурентів	Чи буде компанія повторювати основні характеристик послуг конкурентів?	Поведінка конкурентної стратегії
Ні	Так	Ні	Слідування лідеру

Таблиця 5.16 Визначення позиційної стратегії

Потреби до послуг у цільових замовників	Основна стратегія розвитку	Ключові позиції розвитку	Вибір слоганів, які сформулюють позицію
<ul style="list-style-type: none"> Виконання послуг з відмінною залежністю цінна/якість легкість до вхідних даних математичне та графічне представлення результату Повнота отриманих результатів 	Створення переваги над конкурентами	Постійний розвиток як науковий так і технічний	<ul style="list-style-type: none"> Якість Ціна Прозорість, Складність

Таблиця 5.17. Визначення меж встановлення ціни

Рівень ціни послуг	Рівень прибутку
300-100000\$	100-70000\$

Висновки: в процесі розробки стартап-проекту, було досліджено способи та можливі заходи, які допоможуть впровадити проект на ринок, проаналізовано можливі труднощі а також маркетингова складова, яка

допоможе зайняти найвище місце в ніші представлення технологічних розрахунків та розробці технологічних процесів.

Для реалізації потрібно постійно бути кращими за своїх конкурентів і цього можна досягнути за допомогою таких показників: якість та швидкість виконання, гнучкість у галузі та висококваліфікований персонал. Також потрібно весь час підтримувати маркетинговий розвиток компанії, на міжнародному рівні тому стартап можна вважати перспективним для впровадження.

Висновки

В конструкторському розділі розроблена конструкція нервюри №5 літака типу Ан-148. Прийняті рішення підтверджені розрахунками. Проведено конструктивно-технологічний аналіз нервюри та складені технічні умови на її виготовлення.

В технологічному розділі розроблений технологічний процес виготовлення кронштейн механічною обробкою. Розраховані операційні припуски і визначені розміри заготовки. Складено технологічний маршрут виготовлення деталі і заготовки. Були створені об'ємні моделі деталі та заготовки. Спроековано спеціальне верстатне пристосування для операції вертикального свердлення з описом його конструкції та принципу дії.

Розроблені директивні технологічні матеріали на складання нервюри, проведена оцінка технологічності конструкції нервюри, зроблено аналіз можливих варіантів і методів складання, схем складання та схем ув'язки оснащення.

Проведено розрахунок допуску на нервюру, розрахунок точності складання нервюри і порівняно з допуском на нервюри. Вибрано оптимальну схему складання і ув'язки заготівельного і складального оснащення і схему базування складових нервюри.

Спроековано детальний процес складання нервюри, складені технічні умови на постачання деталей. Вибрано схему складального пристосування для складання нервюри. В результаті розрахунків вибрано програмно-інструментальний метод ув'язки технологічного оснащення.

Виконано розрахунково-технологічне дослідження елемента крила, яке допомогло визначити похибку, яка виникає під час складання через зусилля клепок та відхилення номінальних діаметрів отворів. Розрахунок показав що залежність має емпіричний характер, та зі збільшенням зусиль і збільшенням зусиль клепок від тих що закладенні конструктором, збільшується похибка.

Розроблено міри для зменшення похибки і видано публікацію за темою дослідження в «XVI МІЖНАРОДНО НАУКОВІЙ - ПРАКТИЧНІЙ

КОНФЕРЕНЦІЇ ЄВРОПЕЙСЬКА НАУКОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ
КОНТИНЕНТ - 2020», посилання (15).

Розроблено стартап-проект ідею, який допоміг проаналізувати можливість впровадження такої ідеї на ринок та способи її реалізації, а також проаналізовано можливі області застосування, та проблеми які можуть виникнути під час роботи.

Список літератури

1. Конструкции самолетов и вертолетов: – учебник / В.С. Кривцов, Л.А. Малашенко, В.Л. Малашенко, С.В. Трубаев. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 366 с.
2. Д16Т, характеристики и расшифровка марки, плотность, ГОСТ и другая информация:[Электронный ресурс] // Cu-prum. Цветной металлопрокат, 2017. URL: <http://cu-prum.ru/alyuminij1/splav-d16t.html>
3. Технология производства самолетов и вертолетов. Сборочные и испытательные работы в самолето- и вертолетостроении / Ю.М. Букин, Ю.А. Воробьев: Конспект лекций на английском и русском языках. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 331 с.
4. 08X14H5M2ДЛ (ВНЛ-3): [Электронный ресурс] // Мировая металлургия, 2016. URL: <http://mmetallurg.ru/marochnik-stali/konstrukcionnaya/uglerodistaya-obyiknovennaya/stal-08x14n5m2dl-vnl-3/>
5. Физико-химические основы технологических процессов. Ч. 2. Литейное производство / В.К. Борисевич, А.М. Гринченко, В.В. Тертяк, В.Г. Приезжев. – Учеб.пособие по лабораторному практикуму. Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2008. - 69 с.
6. Вибір режимів різання при обробці деталей ЛА на верстатах із ЧПК: навч. посіб. до курс. і дипл. проектування / В.В. Воронько, Ю.В. Д'яченко, С.Д. Проскурін та ін. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2011. – 72 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х томах. / Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. – М.: Машиностроение, 1985. Т.1 – 656 с., Т. 2 – 496 с.
8. Технология производства самолетов и вертолетов. Раздел «Сборочно-монтажные работы». Ч. 1 / В.С. Кривцов, Ю.М. Букин, Ю.А. Боборыкин, Ю.А. Воробьев. – Учеб.пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 214 с.

9. Технология производства самолетов и вертолетов. Раздел «Сборочно-монтажные работы». Ч. 2 / В.С. Кривцов, Ю.М. Букин, Ю.А. Боборыкин, Ю.А. Воробьев. – Учеб.пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 221 с.

10. Иванов Ю. Л. и др. «Современные технологические процессы сборки планера самолета». – М.: 1999г.

11.Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х томах, - М.: Машиностроение. 1999. - 532 с.

12.Чемезов Д.А., Баякина А.В. Состояние нагруженных деталей заклепочного соединения // Theoretical& Applied Science. 2015. №9 (29). С. 17 – 20.

13.Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы / Пер. с англ. - М.: Мир, 1984. - 428 с.

14.В.Л.Присекин, Г.И. Расторгуев. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых : учебник /. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2010. – 238 с.

15. VĚDECKÝ PRŮMYSL EVROPSKÉHO KONTINENTU - 2020
[Электронный ресурс] URL: http://www.rusnauka.org/cgi-bin/search/step7_info.cgi?id=285103&idw=4QHZ1tLmo1TiL2lr8h

Додатки